BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

COMPLEJO REGIONAL NORTE – SEDE TETELA
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROFORESTAL

# EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE *Pleurotus ostreatus* SOBRE DIFERENTES SUSTRATOS DE ORIGEN ARBÓREO

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADA EN INGENIERÍA AGROFORESTAL

PRESENTA:
LILIA RUBÍ CARRERA ROSALES

DIRECTOR DE TESIS:
DR. IGNACIO VÁZQUEZ MARTÍNEZ

TETELA DE OCAMPO, PUEBLA, MAYO DE 2021

BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

COMPLEJO REGIONAL NORTE – SEDE TETELA
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROFORESTAL

# EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE *Pleurotus ostreatus* EN DIFERENTES SUSTRATOS DE ORIGEN ARBÓREO

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADA EN INGENIERÍA AGROFORESTAL

PRESENTA:
LILIA RUBÍ CARRERA ROSALES

DIRECTOR DE TESIS:
DR. IGNACIO VÁZQUEZ MARTÍNEZ

ASESORES:
M.C. BENJAMÍN BARRIOS DÍAZ
M.C. ROSARIO HERNÁNDEZ TAPIA

TETELA DE OCAMPO, PUEBLA, MAYO DE 2021

La presente tesis titulada: **Evaluación del crecimiento y producción de *Pleurotus ostreatus* sobre diferentes sustratos de origen arbóreo.** Realizada por la alumna Lilia Rubí Carrera Rosales, ha sido revisada y aprobada por el siguiente consejo particular, para obtener el título de:

**LICENCIADA EN INGENIERIA AGROFORESTAL**

**COMPLEJO REGIONAL NORTE- SEDE TETELA**

| Consejo particular integrado por: | Firma |
|---|---|
| Director: Dr. Ignacio Vázquez Martínez | _____ |
| Asesor: M.C. Benjamín Barrios Díaz | _____ |
| Asesor: M.C. Rosario Hernández Tapia | _____ |

Tetela de Ocampo, Puebla, mayo 2021

El presente trabajo forma parte del cuerpo académico: **BUAP - CA - 324 - Sistemas Agroforestales y Agrícolas Sostenibles;** y de la línea de **Generación y Aplicación del Conocimiento**: **Agroforestería y Manejo Integrado de Cultivos.** Dicho trabajo, fue financiado con recursos propios.

## DEDICATORIAS

Esta tesis se la dedico a mi madre Lilia Rosales Rodríguez y a mi padre Gelacio Carrera Solís por siempre ser incondicionales, apoyarme en mis metas y sueños, enseñarme a ser mejor humano y hacerme conocer el amor puro. Todos mis logros y triunfos son para ustedes, con ustedes siempre quiero que el tiempo sea infinito.

A mis hermanos Geyli Sofía Carrera Rosales y Gerardo Guzmán Rosales por ser mis compañeros de vida, grandes maestros y fuertes pilares de motivación para mí, son mis mejores amigos, las mejores historias y frutos de mis logros los compartiré con ustedes.

A mis amigos por ser seres especiales que llegaron a mi vida para enseñarme otras perspectivas y hacerme un humano más libre, por las historias de aventuras que hemos construido, por estar cuando los he necesitado, por escucharme y apoyarme incondicionalmente, les agradezco su tiempo infinitamente.

A mi amigos Jorge Medina  y Susana Álvarez por estar para mi durante mi etapa de estudiante de universidad y darme muchos ánimos en esta última fase de titulación, los quiero mucho y todo mi apoyo es para ustedes.

**AGRADECIMIENTOS**

Quiero expresar desde lo más profundo de mi ser lo orgullosa y agradecida que estoy con mis padres por darme la vida y la educación que me han brindado desde que era pequeña, su cuidado, cariño y atención han hecho de mi la mujer que soy y lo que quiero seguir construyendo en mi como ser humano.

A la madre tierra por ser tan perfecta y hacer posible la vida en todas sus formas, por cautivarme con sus paisajes, sabores y misterios que alberga que solo me incitan a querer aprender de ella y a recorrer con suma libertad cada rincón de esta existencia.

A mi alma mater, la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla por aceptarme e impulsarme como estudiante y profesional, por su apoyo como institución para muchas mentes jóvenes y creativas que están sedientas por cumplir sus sueños.

A mis maestros que se han empeñado en cumplir su labor como docentes y me han enseñado a lo largo de mi carrera universitaria los conocimientos suficientes para formarme como profesionista.

Al doctor Ignacio Vázquez Martínez por aceptar ser mi director de tesis y apoyarme en la etapa final de la carrera, al maestro Benjamín Barrios Díaz por aceptar ser mi asesor y apoyarme en la elaboración de mi tesis y a la maestra Rosario Hernández Tapia por estar al pendiente de mis avances académicos y motivarme a terminar esta última etapa que es la titulación. Agradezco que sean parte de mi comité de titulación.

**CONTENIDO**

1. INTRODUCCIÓN ..... 1

1.1. Planteamiento del problema ..... 3

1.2. Objetivos ..... 4

1.3. Hipótesis ..... 5

2. REVISION DE LITERATURA ..... 5

2.1. Generalidades de los hongos ..... 5

2.1.1. Los hongos Macromicetos ..... 5

2.1.2. Ascomicetos ..... 6

2.1.3. Basidiomicetos ..... 6

2.1.4. Orden Agaricales ..... 7

2.1.5. Ciclo de vida de los Macromicetos ..... 8

2.1.6. Historia de los hongos comestibles ..... 9

2.1.7. Hongos comestibles cultivables ..... 10

2.1.8. Micelio ..... 10

2.1.9. Pasteurización ..... 11

2.1.10. Inoculación o siembra ..... 11

2.1.11. Incubación ..... 12

2.1.12. Fructificación ..... 12

2.1.13. Cosecha ..... 12

2.1.14. Requerimientos nutricionales para el crecimiento de hongos ..... 12

2.2. Generalidades de *Pleurotus ostreatus* ..... 13

2.2.1. Clasificación y morfología de Pleurotus ostreatus ..... 14

*2.2.2.* Historia del cultivo de *Pleurotus ostreatus* ..... 15

2.2.3. Propiedades nutricionales y medicinales ..... 15

*2.2.4.* Plagas y enfermedades de *Pleurotus ostratus* ..... 17

*2.2.5.* Sustratos más utilizados para el cultivo de *Pleurotus ostratus* ..... 18

2.2.6. Producción mundial ..... 18

2.2.7. Producción nacional ..... 19

2.2.8. Composición química de las hojas de los arboles ..... 19

2.2.9. Celulosa ..... 21

2.2.10. Hemicelulosa ..... 22

2.2.11. Lignina ..... 22

2.3. Sustratos utilizados para el cultivo de Pleurotus ostreatus ..... 22

2.3.1. Generalidades de Platanus mexicana ..... 22

2.3.2. Generalidades de Alnus acuminata ..... 24

2.3.3. Generalidades de Buddleja cordata ..... 27

2.3.4. Generalidades de Quercus laurina ..... 29

3. MATERIALES Y METODOS ..... 31

3.1. Área de estudio ..... 31

3.2. Muestra ..... 31

3.3. Tratamientos para la evaluación del cultivo ..... 31

3.3.1. Recolección y adecuación de hojas ..... 32

3.3.2. Preparación del cuarto de cultivo ..... 32

3.3.3. Tratamiento del sustrato ..... 32

3.3.4. Pasteurización ..... 33

3.3.5. Inoculación ..... 33

3.3.6. Incubación ..... 34

3.3.7. Fructificación ..... 34

3.3.8. Cosecha y peso de los carpóforos ..... 35

3.4. Variables de respuesta ..... 35

3.4.1. Tiempo en el crecimiento de micelio ..... 35

3.4.2. Peso fresco ..... 35

3.4.3. Precocidad ..... 35

3.4.4. Porcentaje de Eficiencia Biológica: ..... 36

3.4.5. Diámetro de los carpóforos ..... 36

3.4.6. Cantidad total de hongos ..... 36

3.4.7. Tasa de producción ..... 36

3.5. Análisis estadístico ..... 36

4. RESULTADOS Y DISCUSION ..... 36

4.1. Análisis del tiempo en el crecimiento de micelio de *Pleurotus ostreatus* en cada uno de los sustratos evaluados ..... 36

4.2. Análisis de precocidad en el cultivo de *Pleurotus ostreatus* en cada uno de los sustratos evaluados ..... 39

4.3. Cantidad total de hongos producidos por bolsa de *Pleurotus ostreatus* en cada uno de los sustratos evaluados ..... 42

4.4. Diámetro de los carpóforos de *Pleurotus ostreatus* en cada uno de los sustratos evaluados ..... 44

4.5. Peso fresco de *Pleurotus ostreatus* en cada uno de los sustratos evaluados ..... 47

4.6. Análisis de Porcentaje de Eficiencia Biológica de *Pleurotus ostreatus* en cada uno de los sustratos evaluados ..... 50

4.7. Tasa de producción de *Pleurotus ostreatus* en cada uno de los sustratos evaluados 52

5. CONCLUSIONES ..... 54

LITERATURA CITADA……57

## LISTA DE CUADROS


| Cuadro | | Pagina |
|---|---|---|
| 1 | Elementos esenciales para el crecimiento de un hongo……. | 14 |
| 2 | Contenido nutricional del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*…… | 17 |
| 3 | Elementos esenciales y concentraciones en peso seco de la mayoría de las plantas…… | 22 |
| 4 | Taxonomía de *Platanus mexicana*…… | 23 |
| 5 | Taxonomía de *Alnus acuminata* …… | 26 |
| 6 | Taxonomía de *Buddleja cordata*…… | 28 |
| 7 | Taxonomía de *Quercus laurina*……. | 31 |
| 8 | Tratamientos usados para la evaluación del cultivo de *Pleurotus ostreatus*……. | 33 |
| 9 | Cantidad total de hongos producidos por bolsa de *Pleurotus ostreatus* en cada uno de los sustratos evaluados…….. | 44 |
| 6 | Diámetro de los carpóforos de *Pleurotus ostreatus* en cada uno de los sustratos evaluados…… | 47 |
| 7 | Peso fresco de *Pleurotus ostreatus* en cada uno de los sustratos evaluados……. | 49 |

## LISTA DE FIGURAS


| Figura | | Pagina |
|---|---|---|
| 1 | Ciclos de vida y morfología de los hongos Ascomicetos (Kuhar *et al.,* 2013)……... | 10 |
| 2 | *Pleurotus ostreatus* (Jovert, J, 2013)……..….. | 15 |
| 3 | Fisionomía de *Platanus mexicana* (Quiroga, 2018)……... | 25 |
| 4 | Fisionomía de *Alnus acuminata* (Rzedoowsky, 2013)……... | 27 |
| 5 | Fisionomía de *Buddleja cordata* (CONABIO, 2014)……. | 30 |
| 6 | Fisionomía de *Quercus laurina* (CONABIO, 2014)…….. | 32 |
| 7 | Sustratos recién incubados……. | 39 |
| 8 | Corrida de micelio sobre sustratos……. | 39 |
| 9 | Tiempo en el crecimiento de micelio de *Pleurotus ostreatus* en los diferentes sustratos…….. | 40 |
| 10 | Formación de primordios en paja…….. | 41 |
| 11 | Tiempo en la aparición de primordios de *Pleurotus ostreatus* en los diferentes sustratos……. | 42 |
| 12 | Medición de carpóforos de *Pleurotus ostreatus*……..... | 46 |
| 13 | Diametro de los carpóforos de *Pleurotus ostreatus* en cada uno de los sustratos evaluados…….. | 47 |
| 14 | Toma de peso de hongos frescos de *Pleurotus ostreatus*…. | 49 |

15 Peso fresco de *Pleurotus ostreatus* en cada uno de los sustratos evaluados……. 50
16 Porcentaje de Eficiencia Biológica de *Pleurotus ostreatus* en cada uno de los sustratos evaluados…… 52
17 Tasa de productividad de *Pleurotus ostreatus* en cada uno de los sustratos evaluados…….. 54

# EVALUACION DEL CRECIMIENTO Y PRODUCCION DE *Pleurotus ostreatus* SOBRE DIFERENTES SUSTRATOS DE ORIGEN ARBÓREO


## RESUMEN

El cultivo de hongos del genero *Pleurotus* ha tenido una rápida aceptación en el mercado por lo que se ha tenido un gran interés por cultivarlos en México y en diferentes países del mundo debido a su alto valor nutritivo y medicinal. Por ello, en esta investigación el objetivo fue establecer un cultivo de *Pleurotus ostreatus*, evaluando el potencial de cinco sustratos de especies forestales presentes en el municipio de Tetela de Ocampo, Puebla (97°49'14" a 97° 48'43" N, de 19°46'10" a 19°48"53' O, de 1709 a 1939 msnm) por lo que se estableció un diseño completamente al azar de cinco tratamientos con cinco repeticiones, siendo un total de 25 unidades experimentales; TPC: 100% cebada (testigo), TPH: 100% hojas de hilite, TPE: 100% hojas de encino, TPT: 100% hojas de tepozán y TPP: 100% hojas de papalote. Todos los sustratos se cortaron en partículas más pequeñas y se pasteurizaron durante dos horas a una temperatura de 80°C en un bidón de metal, después de la pasteurización se dejó enfriar para después inocular micelio de *Pleurotus ostreatus* se mantuvo a una temperatura de 18 a 20°C. A los veinte días se comenzaron a observar las primeras fructificaciones.

Las variables de respuesta fueron: tiempo de corrida de micelio (días), precocidad (días), diámetro de los carpóforos (cm), peso fresco (gr), numero de carpóforos, eficiencia biológica (%) y tasa de producción (kg). Se concluye que el mejor sustrato para el crecimiento y producción de *Pleurotus ostreatus* fue la cebada ya que alcanzo una E.B 318.7 % en un periodo de producción de 66 días y una tasa de producción de 4.82 kg, con excelentes características. Aunque se puede considerar al sustrato hilite ya que obtuvo una E.B 233.8% y una tasa de producción de 3.39 kg. Con los resultados de esta investigación se establecen las bases para iniciar un proceso de producción para pequeños productores interesados en la producción de orellanas en el municipio de Tetela de Ocampo, Puebla.



**Palabras clave:** Producción, *Pleurotus ostreatus*, eficiencia biológica.

# EVALUATION OF THE GROWTH AND PRODUCTION OF *Pleurotus ostreatus* ON DIFFERENT SUBSTRATES OF TREE ORIGIN


## SUMMARY

The cultivation of mushrooms of the genus *Pleurotus* has had a rapid acceptance in the market, which is why there has been a great interest in cultivating them in Mexico and in different countries of the world due to their high nutritional and medicinal value. Therefore, in this research the objetive was to establish a *Pleurotus ostreatus* culture, evaluating the potential of five substrates of forest species present in the municipality of Tetela de Ocampo, Puebla (97°49'14" to 97°48'43" N, from 19° 46'10" to 19° 48'53" W, from 1709 to 1939 msnm) for which a completely randomized design of five treatments with five repetitions was established, being a total of 25 experimental units; TPC: 100% barley (control), TPH: 100% hilite leaves, TPE: 100% oak leaves, TPT: 100% tepozán leaves and TPP: 100% kite leaves. All substrates were cut into smaller particles and pasteurized for two hours at a temperatura of 80°C in a metal drum, after pasteurization it was left to cool and then inoculated *Pleurotus ostreatus* mycelium was maintained at a temperature of 18 to 20° C. Twenty days later the first fructificationss began to be observed.

The response variales were: mycelium running time (days) earliness (days), diameter of the carpophores (cm), fresh weight (gr), number of carpophores, biological efficiency (%) and production rate (kg). It is concluded that the best substrate for the growth and production of *Pleurotus ostreatus* was barley since it reached an E.B. 318.7% in a production period of 66 days and production rate of 3.39 kg. Whith the results of this research, the bases are established to start a production process for small producers interested in the production of orellanas in the municipality of Tetela de Ocampo, Puebla.



**Keywords:** Production, *Pleurotus ostreatus*, biological efficiency.

# 1. INTRODUCCIÓN

Durante muchos años los organismos fueron clasificados como animales o vegetales, los hongos, por ejemplo, pertenecían al reino vegetal y fue hasta años más tarde que los taxónomos reconocieron que merecían ser clasificados en un reino independiente conocido como Fungi. En la actualidad se estima que existe entre 1 y 1.5 millones de especies de hongos distribuidos por todo el mundo siendo los principales protagonistas en la descomposición de la materia orgánica (Pontón *et al.*, 2002).

Además de que los hongos influyen en casi todos los procesos ecológicos que rigen la naturaleza, ocupan un papel relevante en cuanto a la relación con los hábitos alimenticios del hombre pues contienen una elevada cantidad de proteínas, vitaminas, escasa cantidad de carbohidratos y lípidos. Existen más de 50 especies de hongos comestibles que se cultivan en el mundo como: *Agaricus bisporus, Lentinus edodes, Volvariella volvacea* y *Pleurotus ostreatus* por mencionar algunas de las especies más importantes (Guzmán *et al.*, 1993).

En los últimos veinte años, la producción de hongos comestibles en México ha ido en aumento posicionándose como uno de los mayores productores de hongos comestibles en Latinoamérica, al generar 58.6% de la producción, seguido de Chile 17.6% y Brasil 10.6% representan el 86. 8% de la producción total de hongos (Martínez-Carrera, 2002).

México es productor de 62 mil 500 toneladas anuales de hongos comestibles y de 250 especies silvestres de los cuales el Estado de México, Guanajuato, Querétaro, Jalisco y Puebla son los principales productores a nivel nacional (Llaven, 2012). Las propiedades nutricionales y funcionales que contienen los hongos comestibles representan una contribución clave a la seguridad alimentaria del país, así como una estrategia propicia para promover el crecimiento sostenido de la producción y consumo.

A medida que ha avanzado el tiempo, el cultivo de hongos se ha convertido en una atractiva oportunidad para inversionistas ya que su producción es más eficiente debido al hecho de que se puede producir con materiales de desechos lignocelulósicos como residuos agrícolas

y forestales; lo cual genera un desarrollo económico a diferentes niveles y un aprovechamiento de los recursos (Nieto, 2010).

Los hongos comestibles como *Pleurotus ostreatus* conocido también como hongo ostra, se encuentra en muchos países del mundo, y cada vez adquiere mayor aceptación, debido sus propiedades nutricionales y organolépticas. Pueden consumirse en diferentes presentaciones, frescas, cocidas, secas o fritas. El valor nutricional de los hongos abarca contenido proteico en aminoácidos esenciales, carbohidratos no digestibles, lípidos, vitaminas, así como micro y macroelementos, lo cual resulta beneficioso para la salud. Los hongos del genero *Pleurotus spp.* han sido de gran interés, ya que se han encontrado estudios que afirman contener propiedades anticancerígenas, antivirales, antimicrobianas, inmunopotenciadoras, hipocolesterolémicas, hepatopotenciadoras, hipocolesterolémicas, hepatoprotectoras y antidiabéticas (Huitrón *et al.*, 2020).

Los hongos del genero *Pleurotus*, absorben los nutrientes que necesitan para crecer de los sustratos sobre los que crecen pues son capaces de degradar celulosa y lignina, polímeros fundamentales presentes en los residuos agrícolas (rastrojos, pajas), forestales (viruta de diversas maderas, aserrín, hojas secas) y desechos agroindustriales (bagazos de maguey, pulpa de café). Uno de los puntos más importantes al cultivar hongos es la selección del sustrato, es indispensable conocer la disponibilidad y abundancia del mismo en la región en donde se piensa cultivar, el precio de adquisición de sustrato y la facilidad de transportarlo. Algunos de los sustratos más utilizados para el cultivo de hongos setas son las pajas de cebada, trigo, centeno, avena y arroz (Gaitán- Hernández *et al.*, 2006).

La producción de *P. ostreatus* presenta una gran versatilidad y adaptabilidad a las temperaturas, plagas y enfermedades se puede cultivar prácticamente sobre cualquier sustrato lignocelulósico como troncos, corteza o aserrín; según Varnero, Quiroz y Álvarez (2010) afirman que cultivar en residuos lignocelulósicos es factible pues constituye un proceso de bioconversion eficiente, el cual se ve reflejado en el alto nivel proteico de las setas obtenidas. Este proceso es gracias a que los hongos generan una mezcla de enzimas hidrolíticas que

degradan los polímeros de celulosa y lignina de los sustratos a través de la fermentación sólida, partiendo de materia prima de bajo costo (Sánchez y Royse, 2002).

El cultivo de *P.* ostreatus presenta muchos beneficios es por eso que debe fomentarse adecuadamente entre la población a través de las instituciones de investigación, vinculación y asesoría, generando material biológico e inoculo de calidad en cuanto a su viabilidad y eficiencia, así como la tecnología económica y de fácil acceso que garantice la adopción y manejo adecuado por los productores (Marín- Castro, 2001).

Los residuos de podas y las temporadas donde las especies caducifolias tiran sus hojas quedan disponibles y dependiendo del sitio de trabajo se puede usar como leña, creación de postes, vigas, compostas o cualquier destino que el propietario desee, en este caso los residuos orgánicos presentes en la región fueron utilizados como sustrato para el cultivo de hongos.

Las localidades en donde la superficie se comprende en su mayoría por bosques podemos encontrar diversas especies de plantas que seguramente cuentan con el potencial suficiente para ser usado como sustrato en el cultivo de hongos. En la Sierra Norte de Puebla especies como Papalote (*Platanus mexicana*), Hilite (*Alnus acuminata*), Tepozan (*Buddleja cordata*) y Encino (*Quercus laurina*) son arboles caducifolios que pueden tener el contenido suficiente como para cumplir las funciones básicas de los sustratos tradicionales.

### 1.1. Planteamiento del problema

Tetela de Ocampo es una zona donde la agricultura es una de las principales fuentes de economía para la población. Su producción se basa en el comercio de especies de origen vegetal como verduras, frutas, hortalizas y madera, desatendiendo el comercio de hongos, situación que ha provocado la búsqueda de proveedores para abastecer el mercado de la región cada año.

Actualmente no se tienen registros representativos sobre producción de hongos en el municipio por lo que se considera preciso experimentar con especies nativas de la región para poder realizar el cultivo y con un método tradicional de producción rentable y fácil de

emplear con el fin de que la producción de hongos se convierta en una alternativa de producción para los agricultores.

Por otro lado, la llegada de una enfermedad epidémica y la presencia de disputas sociales en todo el mundo ponen en riesgo la seguridad humana. Un reciente informe emitido por organizaciones como la FAO y CELAC (2020) titulado Seguridad Alimentaria bajo la pandemia de COVID- 19*, menciona que esta situación es grave para la seguridad alimentaria de los países con mayores niveles de pobreza, ya que su población destina la mayor proporción de sus ingresos a la compra de alimentos. Como consecuencia, podrían presentarse problemas de desnutrición por falta de alimentos frescos y aumentando la ingesta de alimentos con exceso de calorías agravando problemas de sobrepeso, obesidad y enfermedades no transmisibles.

Las medidas sanitarias a las que se tuvo que someter la población para evitar la propagación del virus tienen consecuencias directas sobre el funcionamiento de los sistemas alimentarios para ello se requiere de acciones que estén al alcance de la sociedad para que la lucha contra la pandemia no comprometa la seguridad alimentaria de la población.

## 1.2. **Objetivos**

El objetivo general de esta investigación fue establecer un cultivo de *Pleurotus ostreatus*, evaluando el potencial de cinco sustratos de especies forestales presentes en el municipio de Tetela de Ocampo.

Los objetivos específicos para este experimento son:

- Determinar el rendimiento del cultivo de *Pleurotus ostreatus* sobre los cinco tipos de sustratos (tepozán, papalote, encino laurelillo e hilite )
- Determinar cuál de los cinco sustratos analizados es más eficiente para el crecimiento de *Pleurotus ostreatus.*
- Evaluar la producción del hongo *Pleurotus ostreatus* determinando el porcentaje de eficiencia biológica.

- Diseñar un protocolo para el cultivo de hongos comestibles a escala domestica utilizando sustratos de especies que se tengan en la región
- Promover la producción de hongos desde casa en situaciones de catástrofes naturales y sociales.

### 1.3. Hipótesis

Se espera que al menos uno de los tratamientos evaluados en este experimento (*Alnus acuminata*, *Platanus mexicana*, *Buddleja cordata*, y *Quercus laurina*) presente mayor eficiencia biológica y rendimiento para la producción de *Pleurotus ostreatus*.

# 2. REVISION DE LITERATURA

## 2.1. Generalidades de los hongos

### 2.1.1. Los hongos Macromicetos

Los macromicetos están constituidos por un grupo de macrohongos de gran importancia para la degradación de la materia orgánica y la función que tiene dentro del ciclo de Carbono. Dicho grupo se compone de dos subdivisiones los Ascomicetos y los Basidiomicetos, se encuentran distribuidos en todo el mundo, principalmente en lugares donde prevalece materia orgánica, agua y temperaturas cercanas a los 25°C (Ortiz- Moreno, 2010).

Un macromiceto está formado por largas hifas ramificadas que se reúnen en cordones rizomorfos y cuerpos de reproducción conocidos como ascomas y basidiomas. Son organismos saprobios que absorben la materia orgánica muerta de los residuos donde crecen, pueden ser parásitos de árboles, vivir en simbiosis con plantas formando ectomicorrizas (Carillo, 2003).

Los macromicetos tienen una estructura filamentosa, pues están constituidos por filamentos con aspecto de hilos nombrados hifas. El conjunto de hifas forma el cuerpo de un hongo conocido como micelio, tienen un ciclo celular que implica la formación de esporangios sexuales (Webster y Weber, 2007).

Actualmente se ha descubierto que este grupo de hongos posee diversas aplicaciones biotecnológicas e industriales, como la producción de enzimas, degradación de contaminantes, blanqueamiento textil, producción de nuevos fármacos, bioremediacion y producción de alimentos. Además, son empleados en investigaciones, estudios sistemáticos y de biodiversidad (Sánchez y Mata, 2012).

### 2.1.2. Ascomicetos

El origen de los ascomicetos se remonta hace 400 millones de años y se cree que sus ancestros habitaron los océanos del planeta. Los hongos pertenecientes a este grupo tienen diferentes formas desde discos, copas, esferas y aplanados, tienen colores muy diversos y la mayoría son muy pequeños como las levaduras, pueden alcanzar tamaños de hasta 15- 20 cm (Chacón y Utrera, 2013).

Actualmente existen más de 90,000 especies de ascomicetos lo que lo hace uno de los más numerosos del planeta. Su característica principal es la presencia de ascosporas (esporas sexuales) almacenadas en una especie de sacos pequeños llamados ascos (Gallego y Sánchez, 2011).

Los ascomicetos son seres unicelulares y multicelulares, forman un cuerpo conocido como micelio compuesto de estructuras filamentosas denominadas hifas. La mayor parte son saprofitos descomponedores de materiales ricos en celulosa. También existen numerosas especies fitoparasitas, junto a otras que provocan enfermedades animales y humanas (Carrillo, 2003).

### 2.1.3. Basidiomicetos

Los basidiomicetos es uno de los filos más evolucionados y conocidos por los humanos, en la actualidad existen más de 30,000 especies, su principal característica consta de la presencia de basidios que contienen basidiosporas. En las paredes celulares se pueden encontrar grandes cantidades de quitina, y de estructuras llamadas fíbulas (Villamizar y Caycedo, 2013).

Dentro de este grupo se encuentran los hongos comestibles, las royas y tizones que destruyen los cereales, estos microorganismos son capaces de degradar compuestos aromáticos y heterogéneos porque presentan un complejo enzimático con actividad oxidativa contra una variedad de sustancias toxicas y recalcitrantes.

Los basidiomicetos son un grupo muy importante entre todas las categorías de hongos pues tienen especial participación en ciclos básicos de la naturaleza, son capaces de forman ectomicorrizas. También podemos encontrar especies comestibles que forma parte de la nutrición humana y especies con importancia en la medicina por presentar metabolitos con actividad biológica contra una amplia gama de patologías clínicas, incluso influyen positivamente en células cancerígenas y el tratamiento de sida (Rojas, 2013).

### 2.1.4. Orden Agaricales

Los agaricales constituyen uno de los órdenes más grande de los hongos con forma de setas con aproximadamente 13,233 especies distribuidas en 413 géneros y 33 familias, la mayoría son saprofitos y se alimentan de materia orgánica en descomposición, otros son parásitos de plantas y animales vertebrados e invertebrados. Aunque también existen Agaricales que cumplen funciones simbióticas mutualistas. Las especies que pertenecen a este orden están ampliamente distribuidas en todo el mundo y se pueden encontrar en diferentes ecosistemas terrestres en los que se incluyen los desiertos, pastizales, diferentes tipos de bosque, tundras y hábitat de zonas costeras tropicales, templadas y árticas (Matheny *et al.*, 2006).

Morfológicamente, el orden Agaricales se caracteriza por la presencia de un sombrero que puede ser aplanado o redondeado, el cual se encuentra sujeto al final de una especie de estípite que muchas veces emerge del centro, puede variar su tamaño ya que es capaz de adquirir formas alargados o cortas e inclusive se puede encontrar ausente. Debajo del sombrero se encuentran las lamelas, las cuales están distribuidas radialmente conforme al estipe. Las lamelas pueden estar sujetas al tope del tallo y extenderse a cierta distancia debajo del estipe o encontrarse libres del estipe. El himenio se presenta en capas distintas de las lamelas, las cuales en la mayoría de los agaricales se van a encontrar poco separados y donde

frecuentemente se van a encontrar hifas estériles. Una vez que las basidiosporas han madurado son liberadas en los espacios entre las lamelas y son liberadas en el aire debajo del sombrero (Moreno y Palacios, 2001).

### 2.1.5. Ciclo de vida de los Macromicetos

El ciclo de vida de los macrohongos es complejo y no en todas las especies funcionan de la misma manera. Como sabemos la reproducción sexual permite que existan recombinaciones genéticas que dan origen a genotipos, los cuales dependen de factores ambientales, nutricionales y genéticos. Los órganos sexuales responsables de la reproducción de los hongos se le denominan gametangios y pueden ser isogametangios si son morfológicamente diferentes.

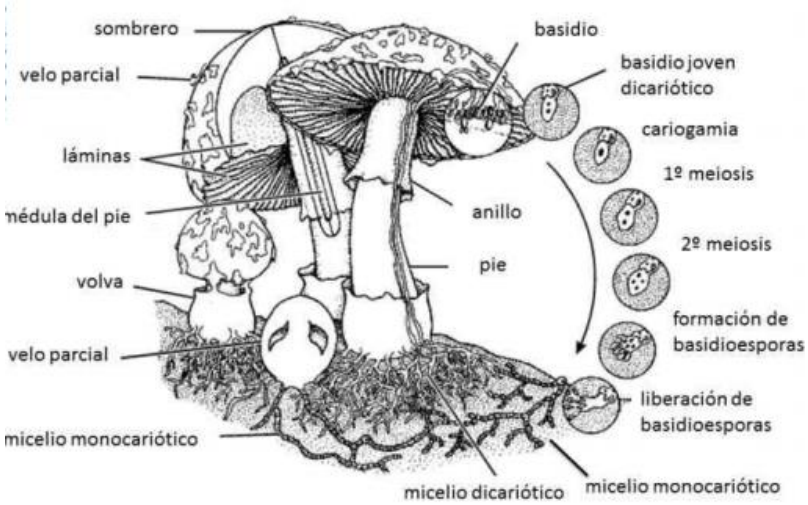
Generalmente los hongos son heterotalicos o autoestériles, de esta manera el tipo de reproducción esta codificado genéticamente y puede influir en un locus, este fenómeno es conocido como compatibilidad bipolar y cuando influye en dos locus corresponde a una compatibilidad tetrapolar como sucede en muchos de los hongos que pertenecen al filo Basidiomicota (Carrillo, 2003).

El ciclo de reproducción sexual en los hongos empieza con diferenciación sexual y por lo tanto están presentes procesos como telemorfosis y cigotropismo ambos controlados por feromonas. La telemorfosis ocurre cuando una hifa estimula a otra mediante secreciones, provocando cambios fisiológicos y morfológicos. El cigotropismo es un fenómeno que ocurre cuando las hifas crecen y se curvan una hacia la otra de manera recíproca, como resultado de una estimulación mutua por una feromona, hasta que se tocan y se fusionan sus citoplasmas permitiendo que los núcleos haploides de las dos células compatibles queden ubicados en el mismo citoplasma, este proceso se le denomina plasmogamia de esta manera el hongo cambia sus núcleos genéticamente.

Una vez que los núcleos cambiaron su información genética ocurre la cariogamia que consiste en la fusión de dos núcleos haploides compatibles, dando como resultado un núcleo diploide. Finalmente ocurre una última etapa conocida como meiosis la cual se basa en

eventos de entrecruzamientos entre los cromosomas resultando en la formación de núcleos haploides como las basiosporas y las ascosporas (Cepero *et al*, 2012).

**Figura 1.** Ciclo de vida y morfología de los hongos Ascomicetos




(Francisco Kuhar, 2013.)

### 2.1.6. Historia de los hongos comestibles

Desde la antigüedad los hongos han sido utilizados como alimento, medicina e incluso como sustancias alucinógenas en fiestas y ceremonias religiosas de culturas prehispánicas pues existen restos arqueológicos, historias y leyendas que demuestran que la interacción entre el humano y los hongos existe desde hace miles de años. Los egipcios, por ejemplo los utilizaban para rituales importantes y para la producción de pan y cerveza en donde los procesos de fermentación requerían de la influencia de hongos.

Desde la civilización Griega se describen narraciones sobre intoxicaciones por hongos y no es hasta el Imperio Romano que se obtiene mayor entendimiento sobre el uso/consumo de hongos y setas en la vida cotidiana. Era común que los esclavos fueran a recolectar hongos para después degustar su exquisito sabor en grandes banquetes. Por otro lado, al norte de Europa se encontraban las tribus bárbaras para amenizar fiestas y ritos religiosos consumían hongos alucinógenos.

La invasión religiosa que existió durante la Edad Media ocasionó el desapego entre el hombre y el mundo de los hongos, por lo tanto, los conocimientos que se habían generado por los antepasados se olvidaron y se ingresó a una nueva etapa de desconocimiento e incluso miedo hacia el mundo Fungi pues las creencias populares adjudicaban el uso de los hongos con actos de brujería.

A partir del siglo XV y XVI la visión que se tenía hacia los hongos evolucionó de manera que se volvió un tema de interés pues fue hasta esa época en donde se encontraron el mayor número de obras relacionadas con hongos y su uso para la elaboración de brebajes, medicina, entre otros productos que usaban nuestros antepasados. Desde ese siglo hasta la actualidad las investigaciones y curiosidad imparable del humano lo ha llevado a descubrir información de gran utilidad (Azcona, 2019).

### 2.1.7. Hongos comestibles cultivables

El ingenio del humano ha logrado descifrar las condiciones óptimas para cultivar hongos, se menciona que de todos los hongos de los que se tienen conocimientos solo 5,000 tienen algún grado de comestibilidad de las cuales 2,000 especies pertenecientes a 31 géneros son consideradas a nivel mundial excelentes para consumir pero solo 100 se cultivan experimentalmente, 50 de ellas con valor económico, 30 comercialmente cultivadas y solo 5 o 6 son cultivadas a nivel industrial (Shu- Ting, 2002).

### 2.1.8. Micelio

El micelio es el conjunto de hifas o filamentos del talo de un hongo. Las hifas son una especie de tubos largos y finos, crecen por el ápice y sus ramificaciones son laterales. Las hifas pueden presentar septos y también se pueden ausentar. Los septos tienen orificios de distinta forma según sea el grupo de hongos (Cubas, 2007).

Tomando en cuenta el tipo de micelio y esporulación que presenten los hongos se clasifican en micelio no tabicado, micelio filamentoso y micelio tabicado la diferencia que existe en estos es que el primero presenta una producción de espora de resistencia de origen sexual llamado zigospora. En cambio el micelio filamentoso presenta una reproducción sexual a

través de esporangios con esporangiosporos móviles o inmóviles y finalmente el micelio tabicado presenta una reproducción sexual por medio de ascosporas y cuando su reproducción es asexual se produce por gametos y esporos (Alexopoulos y Mims, 1985).

### 2.1.9. Pasteurización

Louis Pasteur fue un químico que implementó por primera vez la energía térmica para reducir la carga microbiana a tal nivel que los microorganismos patógenos pudieran ser eliminados. En el cultivo de setas la pasteurización elimina esporas, mohos, ácaros, insectos y bacterias ya que este proceso se realiza a temperaturas mayores a los 70°C y con un rango de tiempo prolongado estas condiciones no permiten la existencia de agentes microbiológicos (Flores, 2012).

Existen diferentes procesos para llevar a cabo una buena pasteurización estos varían únicamente en la cantidad de tiempo y temperatura que se le implementan a los sustratos. La pasteurización es uno de los procesos más importantes cuando se quiere cultivar hongos pues las contaminaciones que presente el cultivo puede verse ampliamente influido por este proceso (Velasco y Vargas, 2004).

### 2.1.10. Inoculación o siembra

Consiste en agregar la semilla o inoculo del hongo al sustrato previamente preparado. Se recomienda que este proceso se realice en un lugar limpio, desinfectado y ajeno a corrientes de aire para evitar que el sustrato sea infectado. También es conveniente que la siembre sea realizada en un solo día y en el menor tiempo posible (Reyes y Escobedo, 2017).

Existen diferentes formas de realizar la inoculación, esto depende del sistema de producción seleccionado por el productor. La inoculación del sustrato con el micelio más utilizada actualmente se basa en colocar capas alternas de sustrato y micelio ya que fácilmente se puede obtener un micelio vigoroso, con buenos puntos de crecimiento (Ardón- López, 2007).

### 2.1.11. Incubación

La incubación es el crecimiento del micelio sobre el sustrato húmedo y previamente pasteurizado. La colonización del sustrato ocurre en un mes aproximadamente, la temperatura que se recomienda en esta etapa es de 18 a 25°C. Se sabe que un bloque está completamente invadido cuando la masa del sustrato tenga un color blanco y una consistencia compacta (García- Rollan, 1985).

### 2.1.12. Fructificación

Cuando el micelio haya colonizado lo suficiente el sustrato y las condiciones del medio como la temperatura, luz, humedad relativa y cantidad de oxígeno, las hifas se añaden para fomentar el desarrollo de hongos. Se recomienda que durante esta etapa la ventilación y la iluminación estén presentes. Para evitar deshidratación en los nuevos cuerpos fructíferos es conveniente realizar riegos directos al cultivo o piso para incrementar el porcentaje de humedad relativa (Barba- Chávez y López- Cruz, 2017).

### 2.1.13. Cosecha

La última fase en el cultivo de hongos es la fructificación y es en esta fase donde empieza la cosecha de hongos que van de la mano con la etapa de fructificación. Se recomienda que la temperatura ambiental se mantenga entre los 20 y 26°C, los riegos deben ser más frecuentes utilizando aspersiones de gotas finas, la ventilación e iluminación deben estar presentes. Si se cultiva en épocas de frio se debe tener sumo cuidado en las variaciones de temperatura y riego (Palacios- Pérez *et al*., 2020).

Para realizar una correcta cosecha es necesario el uso de un cuchillo o navaja previamente desinfectada, el corte se realiza desde la base del pie del hongo. Se sabe que un hongo esta lista para ser cosechado cuando tiene una consistencia compacta y está completamente extendido, sin tener el margen enrollado (Barba- Chávez y López- Cruz, 2017).

### 2.1.14. Requerimientos nutricionales para el crecimiento de hongos

Los hongos tienen la capacidad de alimentarse a través de la absorción de nutrientes orgánicos solubles. Es por eso que los hongos están clasificados como organismos

heterótrofos ya que gracias a las enzimas que posee es posible sintetizar una gran variedad de compuestos que van de los simples a los elementos complejos (Sánchez *et al.*, 2000)

Para que los hongos puedan segregar enzimas y activadores que faciliten la absorción necesitan de elementos los cuales se clasifican en dos categorías: Los no metálicos como el Hidrogeno, Carbono, Nitrógeno, Oxigeno, Fosforo y Azufre; y los metálicos como el Potasio, Magnesio, Hierro, Zinc, Manganeso, Molibdeno, Cobre y Calcio (Figura ¿). Cada uno de estos elementos forma parte de los procesos naturales de los hongos (Walker y White, 2005).

**Cuadro 1.** Elementos esenciales para el crecimiento de un hongo.

| **MACROELEMENTOS** | **MICROELEMENTOS** |
|---|---|
| Constituyen el micelio y las células fúngicas | Son activadores enzimáticos y participan en la síntesis de vitaminas, esporulación y crecimiento |
| Oxigeno | Hierro |
| Hidrogeno | Zinc |
| Carbono | Cobre |
| Nitrógeno | Manganeso |
| Azufre | Calcio |
| Fosforo | Cobalto |
| Potasio | Molibdeno |
| Magnesio | Galio |

(Universidad de los Andes, 2012)

### 2.2. Generalidades de *Pleurotus ostreatus*

Es un hongo saprofito, descomponedor de la materia orgánica. También es popularmente conocido como seta ostra u orellana. La palabra *pleurotus* viene del griego "*pleur*o" que significa formado lateralmente y *ostreatus* vine del latino y se traduce como ostra haciendo referencia a la forma. Generalmente crece en los troncos de los árboles (Stamets, 2000).

**Figura 2.** *Pleurotus ostreatus*

(Jovert, 2011.)

Debido al conocimiento que se tiene de esta especie *Pleurotus ostreatus* es cultivado y comercializado a nivel mundial debido a sus propiedades nutricionales y amplios usos culinarios. En la naturaleza esta especie se encuentra presente en otoño- invierno (Sánchez y Royse, 2017).

### 2.2.1. Clasificación y morfología de Pleurotus ostreatus

La especie de hongo *Pleurotus ostreatus* se encuentra clasificado taxonómicamente de la siguiente manera:

REINO: Fungi
SUBREINO: Fungi superior
DIVISION: *Basidiomycota*
SUBDIVICION: *Basidiomycotina*
CLASE: *Himenomycetes*
ORDEN: *Agaricales*
FAMILIA: *Tricholomataceae*
GENERO: *Pleurotus*
ESPECIE: *ostreatus*

*Pleurotus ostreatus* se constituye por un sombrero en forma de concha que puede ser de diferentes tamaños que van de los 5 hasta los 15 cm. Se pueden observar distintas tonalidades, generalmente gris, crema, azulado y pardo. Sus láminas son de color blanco y con el tiempo puede tonarse de color. Su estípite es corto y totalmente lateral. Sus esporas son de color blanco, son cilíndrico- elípticas, lisas y tienen un tamaño aproximado de 7- 10 x 3- 3.5 µm .La carne es fibrosa, tierna y con un agradable olor fúngico su sabor es dulce y agradable (Chiusa, 2019).

### *2.2.2.* Historia del cultivo de *Pleurotus ostreatus*

Actualmente no existe una fecha exacta de la implementación del cultivo de *Pleurotus ostreatus* pero según Zadrazil (1978) reporta en sus escritos que la presencia del cultivo de dicho hongo podía ser encontrado en diferentes partes de Europa desde el año 1960. Posteriormente el cultivo tuvo mayor alcance siendo pioneros los países de Francia, Hungría, Italia y Checoslovaquia

Gracias a la buena aceptación del público al adquirir orellanas a principios de los años 90 *Pleurotus ostreatus* llego a ocupar el segundo lugar entre los hongos más cultivados en el mundo.

Cabe señalar que desde antes *Pleurotus ostreatus* era cosechado para el consumo ya que podía ser encontrado en los troncos de los árboles en descomposición (Zadrazil, 1978).

En México se cultivó *Pleurotus ostreatus* por primera vez en el año de 1974 en Cuajimalpa, Ciudad de México. Para poder hacer posible el cultivo en el territorio mexicano se tuvo que comprar la semilla a Europa. Inicialmente la venta de orellanas era poco atractivo debido al poco conocimiento que tenía la población sobre esta especie, sin embargo, actualmente su distribución en el mercado ha mejorado (Martínez- Carrera *et al.*, 1991).

### 2.2.3. Propiedades nutricionales y medicinales

Las orellanas son un excelente elemento para la alimentación del ser humano pues contiene niveles proteicos que superan el 22%, contiene proteínas de alta calidad biológica. Además

de su alto contenido proteico contiene altas concentraciones de vitaminas del grupo B, vitamina D y Zinc, su contenido de fibra dietética es considerado como alto (Roncero, 2015).

Además de todo el contenido nutricional que contiene *Pleurotus ostreatus* es muy apreciado en el ámbito medicinal tanto en oriente como en occidente pues es un relajante de músculos y venas, ayuda a reducir los niveles de colesterol, combate la ateroesclerosis. Además, debido a su alta concentración de lectina combate y previene tumores, también es un excelente antioxidante, protector hepático, antiinflamatorio y antianémico (Salas *et al*., 2004).

**Cuadro 2.** Contenido nutricional del hongo comestible *Pleurotus ostreatus.*

| **SUSTANCIA** | ***Pleurotus* (por 100g de porción comestible)** |
|---|---|
| Energía | 26 |
| Proteínas (g) | 2,24 |
| Hidratos de Carbono | 6,79 |
| Fibra (g) | 2,5 |
| Agua (g) | 89.74 |
| Calcio (mg) | 2 |
| Hierro (mg) | 0,41 |
| Magnesio | 20 |
| Zinc (mg) | 1, 03 |
| Sodio (mg) | 9 |
| Potasio (mg) | 304 |
| Fosforo (mg) | 112 |
| Selenio (µg) | 5,7 |
| Tiamina (mg) | 0,015 |
| Riboflavina | 0,217 |
| Niacina | 3,877 |
| Vitamina B6 | 0,293 |
| Ácido fólico | 18 |
| Vitamina D | 0,5 |

(Manzi *et al.*,1999)

### *2.2.4.* Plagas y enfermedades de *Pleurotus ostratus*

Debido a que los hongos se desarrollan en ambientes con mucha humedad, la aparición de bacterias, hongos e insectos se puede convertir en un problema para el cultivo, por ejemplo, cuando no se realiza una correcta pasteurización en el cultivo de *Pleurotus ostreatus* pueden presentarse problemas entre los 15 y 20 días después de haber iniciado el cultivo, este mal es provocado por el hongo conocido como *Trichoderma* spp. Un cultivo infectado se puede reconocer fácilmente pues aparece en forma de manchas verdes dentro de los paquetes cultivados (Romero- Arenas *et al.,* 2009)

*Dactylium* spp. También conocido como tela o moho telaraña es un hongo con una coloración más grisácea que el micelio y puede cubrir la superficie del cultivo en cuestión de días. Suele darse en ambientes muy cargados de CO2, y con sobre exceso de humedad, para prevenirlo se recomienda reducir el porcentaje de humedad relativa y favorecer el intercambio gaseoso del lugar en el que se encuentre (Sánchez y Royse, 2002).

Existen más especies de hongos plaga para el cultivo de orellanas como *Neurospora crassa, Penicillium* spp, y *Aspergillus*. Para prevenir y controlar la aparición de hongos es necesario tomar medidas estrictas de higiene, cuidado en los procesos de cada una de las etapas del cultivo y la desinfección del equipo de trabajo (Gaitán- Hernández *et al.,* 2006).

Uno de los principales problemas en el cultivo de hongos es la enfermedad conocida como mancha bacteriana, esta es ocasionada por bacterias del genero *Pseudomonases*. Los síntomas pueden ser observables ya que se expresa en formas de manchas de color café a negras en el sombrero, también producen toxinas que impiden el correcto desarrollo del micelio (Gea *et al.,* 2008).

La presencia de insectos resulta un problema bastante común en plantas y hongos como lo es la mosca del vinagre (*Drosophila melanogaster)* generalmente puede ser observada en la etapa de preparación del sustrato debido a que es atraída por el intenso olor que son segregados en la etapa de fermentación. Se recomienda para la prevención y ataque de

insectos el uso de mallas contra insectos o cubiertas de plástico en las áreas de acceso y el uso de insecticidas en casos graves (Guzmán *et al.*, 1993).

### *2.2.5.* Sustratos más utilizados para el cultivo de *Pleurotus ostratus*

El sustrato es la base fundamental para poder realizar el cultivo de hongo seta ya que en el crece y se desarrolla el micelio, las propiedades físico- químicas determinan que hongos pueden crecer en él, debido a que *Pleurotus ostreatus* es un hongo saprofito, son capaces de degradar desde la dura madera hasta los blandos tallos de distintos cereales (Gea y Laínez, 2011).

Debido a las cualidades evolutivas que alberga este asombroso hongo para alimentarse, son ampliamente cultivados a nivel mundial. Algunos de los sustratos más utilizados son las pajas de cebada, trigo, centeno, avena, arroz y sorgo, y a menor escala la pulpa de café y algunos bagazos como los de caña de azúcar y maguey tequilero. Comúnmente son más utilizadas estas especies debido a que se suele tener en mayor cantidad, mejor precio y son rentables en cuanto al rendimiento de cosecha (Gaitán- Hernández *et al.* 2007).

Para lograr obtener producciones más rentables es recomendable cultivar con especies que se puedan obtener fácilmente, de bajo costo, acceso y transporte. Existen fungicultores que practican la combinación de sustratos en diferentes proporciones para lograr mayores rendimientos de producción (Ardón- López, 2007).

### 2.2.6. Producción mundial

A nivel mundial la producción de *Pleurotus* se ha incrementado en los últimos años. La mayor parte de hongos producidos se concentra en el continente Asiático particularmente en países como China con una producción cerca del 87% del total mundial, Japón, Corea del Sur, Taiwán, Tailandia, Vietnam e India (Tan y Cao, 2010).

En Europa, el país español ocupa el cuarto lugar en producción de hongos, seguido de Holanda, Polonia y Francia. En el año 2007 España tuvo una producción de setas de 15, 628

toneladas de hongos  La población española prefiere el consumo de hongos frescos, siendo el consumo por habitante de 275 gramos (Gea- Alegría, 2012).

En el año 2013, Brasil produjo 5,160 toneladas, con lo que se ganó el primer lugar en producción continental debido a que en años posteriores tuvo producciones más bajas, se cree que su incremento en la producción de hongos se debió al cambio de especie producida ya que dejaron de producir champiñones para reconvertir su industria a la producción de *Pleurotus* (Sánchez y Royse, 2017).

### 2.2.7. Producción nacional

México está catalogado como uno de los principales productores de *Pleurotus* en toda América, incluidos Canadá y Estados Unidos. Actualmente, las setas son cultivados en 21 estados de la República Mexicana (Sánchez- Vázquez *et al*., 2007).

Según Martínez- Carrera *et al.* (2007) Se estima que los volúmenes de producción han incrementado a 47, 468 toneladas anuales de hongos frescos, lo que convierte a México como uno de los mayores productores en Latinoamérica, debido a que genera el 58.9% de la producción total de esa región ubicándolo en el 16o. productor a nivel mundial de tal modo que ha generado alrededor de 25 mil empleos directos e indirectos.

### 2.2.8. Composición química de las hojas de los arboles

Las hojas son apéndices de los tallos o ramas que se originan a partir de las yemas, se encuentran ubicados en los nudos de las plantas los cuales son generalmente aéreos, de amplia superficie y fotosintéticos. Las hojas son elementos importantes pues realizan funciones importantes para que los arboles puedan vivir como la fotosíntesis, transpiración, gutacion, intercambio gaseoso y almacenamiento pues es en las hojas donde la planta almacena grandes cantidades de alimentos indispensables para la fisiología de la planta (Rueda, 2015).

Las condiciones ambientales como la disponibilidad de agua, nutrientes y frio influyen en la forma estructural de las hojas pero básicamente todas las hojas presenten tejidos como la

epidermis la cual está formada por células uniestratificadas revestidas de cutícula. La cutícula está constituida por cutina que se encuentra asociada con cera y celulosa. La epidermis presenta color verde intenso y se halla expuesta continuamente a la radiación directa (Chuncho *et al*., 2019).

Las hojas poseen vasos conductores para llevar agua y sales a las células fotosintetizadoras y recoger productos orgánicos para después distribuirlos por el resto de la planta. Dichos pasos están formados por xilema y floema, además de tejido parenquimatoso alrededor (Megías *et al*., 2018).

Los elementos esenciales para las plantas son 17, los cuales, según la cantidad absorbida por la planta, se clasifican en macronutrientes y micronutrientes, la siguiente tabla refleja las concentraciones relativas encontradas en los tejidos.

**Cuadro 3.** Elementos esenciales y concentraciones en peso seco en la mayoría de las planas

| | | | **Concentración en peso seco** | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Elemento** | **Símbolo químico** | **Peso atómico** | **µmol · g $^{-1}$** | **mg· kg$^{-1}$ (ppm)** | **%** |
| Molibdeno | Mo | 95.95 | 0.001 | 0.1 | - |
| Níquel | Ni | 58.70 | ~0.001 | ~0.1 | - |
| Cobre | Cu | 63.54 | 0.10 | 6 | - |
| Zinc | Zn | 63.38 | 0.30 | 20 | - |
| Manganeso | Mn | 54.94 | 1.0 | 50 | - |
| Hierro | Fe | 55.85 | 2.0 | 100 | - |
| Boro | B | 10.82 | 2.0 | 20 | - |
| Cloro | Cl | 35.46 | 3.0 | 100 | - |
| Azufre | S | 32.07 | 30 | - | 0.1 |
| Fosforo | P | 30.98 | 60 | - | 0.2 |
| Magnesio | Mg | 24.32 | 80 | - | 0.2 |
| Calcio | Ca | 40.08 | 125 | - | 0.5 |
| Potasio | K | 39.10 | 250 | - | 1.0 |
| Nitrógeno | N | 14.01 | 1000 | - | 1.5 |
| Oxigeno | O | 16.00 | 30 000 | - | 45 |
| Carbono | C | 12.01 | 40 000 | - | 45 |
| Hidrogeno | H | 1.01 | 60 000 | - | 6 |

(Azcón- Bieto & Talón, 2000)

### 2.2.9. Celulosa

La celulosa es un polímero natural que tiene como estructura base los enlaces 1- 4ß glucosidicos. Tiene una estructura semicristalina que puede variar dependiendo del tipo de fuente de la cual es aislada. Es posible obtener múltiples tipos de morfologías, estructuras supramoleculares, relaciones de aspecto y por ende propiedades físicas y mecánicas muy variadas. La presencia en su estructura de tres grupos OH en cada una de las unidades

estructurales le permite reaccionar bien sea como un alcohol, un éster o un éter. En años recientes, polímeros derivados de la celulosa han adquirido un renovado interés debido a su potencial biodegradación. Cabe mencionar que la celulosa resiste a una amplia gama de temperaturas (Jawaid *et al.,* 2017).

### 2.2.10. Hemicelulosa

La hemicelulosa es un heteropolisacárido, formado por un conjunto heterogéneo de polisacáridos, que a su vez están formados por un solo tipo de monosacáridos unidos por enlaces ß, entre estos monosacáridos se encuentra la glucosa, galactosa o la fructuosa. La hemiceulosa permanece asociada a la celulosa hasta después de la lignificación, el tipo de hemicelulosas más abundantes son los xilanos y los glucomananos (Martin y Manzanares, 1994).

### 2.2.11. Lignina

La lignina está presente en todas las plantas vasculares, se forma mediante la reacción de fotosíntesis, es uno de los polímeros más abundantes en las plantas; la celulosa y la hemicelulosa conforma la pared celular en una disposición regulada a nivel nano- estructural, dando como resultado redes de lignina- hidratos de carbono (Gellerstedt *et al*., 2008).

## 2.3. Sustratos utilizados para el cultivo de Pleurotus ostreatus

2.3.1. Generalidades de Platanus mexicana

También conocido como álamo, chicolcohuite, haya o papalote es un árbol que puede llegar a medir hasta 40 metros de altura y 2 metros de diámetro, su tronco es derecho, su copa es piramidal y tiene ramas ascendentes y horizontales. Se encuentra distribuido principalmente a lo largo de ríos o corrientes de agua y en cañadas protegidas por lo que es común encontrarlo colindando con bosques templados o selvas medianas (Carranza, 1994).

**Cuadro 4.** Taxonomía de *Platanus mexicana*

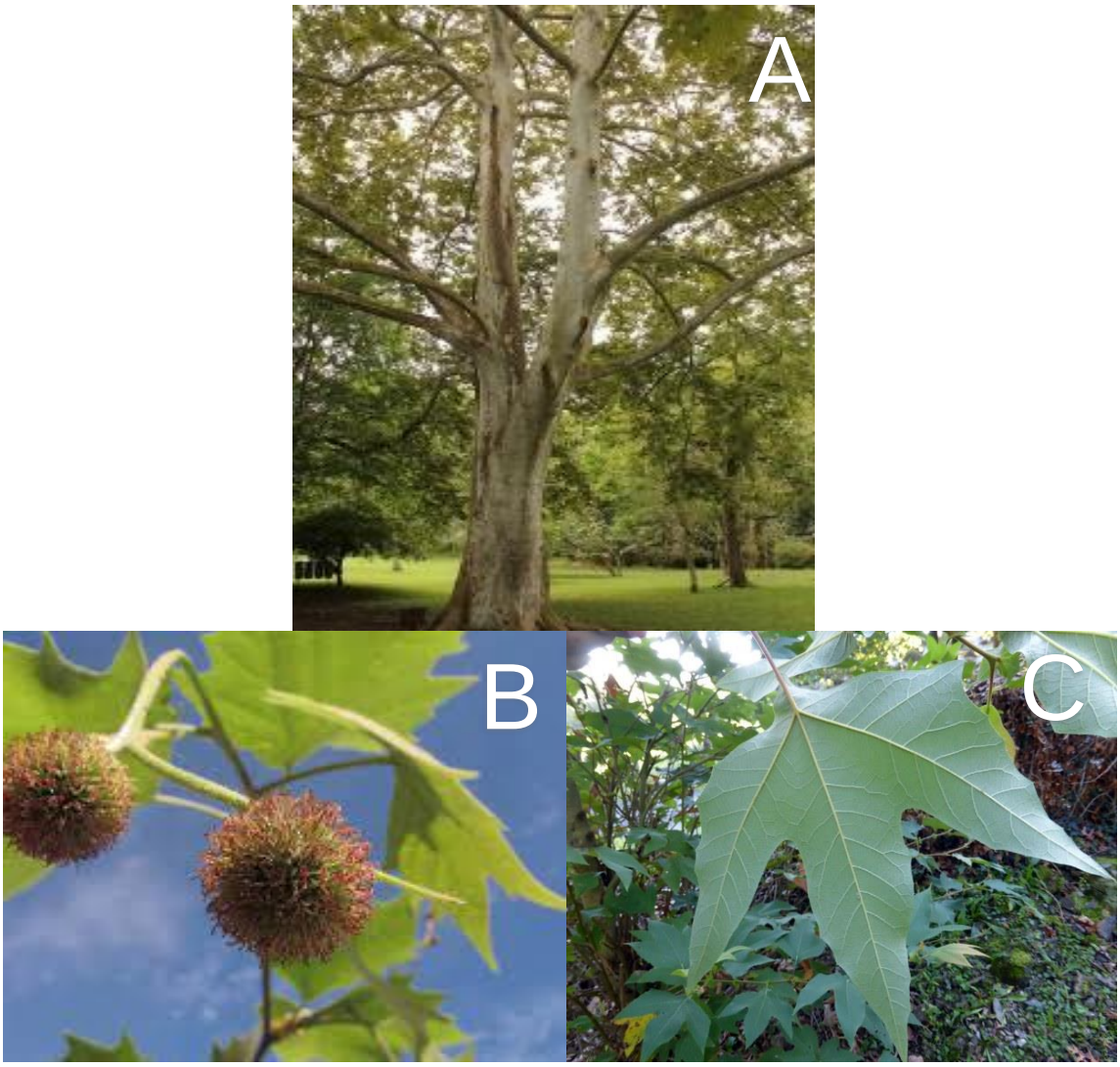
| | |
|---|---|
| Reino | Plantae |
| Filo | Tracheophyta |
| Clase | Magnoliopsida |
| Orden | Proteales |
| Familia | Platanaceae |
| Genero | *Platanus* |
| Especie | *Platanus mexicana* |

Su corteza se conforma por placas irregulares, con pubescencia estrellada sobre las partes vegetativas, tiene un color pardo amarillento con manchas blancuzcas o pardo rojizas. Sus hojas miden de 9 a 22 cm de largo y de 8 a 12 cm de ancho, generalmente es subpeltada, lobada, su nerviación es palmada, haz subtomentoso, luego con diminutos pelos (Nee, 1981).

Su flor es de la especie monoica, contiene panículas de cabezuelas masculinas axilares de 4 a 10 cm de largo, con 2 a 4 cabezuelas, densamente estrellado y pubescente. Generalmente las cabezuelas miden aproximadamente entre 5 y 8 mm de diámetro, son de color crema verdosa, contiene una gran cantidad de estambres constituidos por un filamento muy corto y una antena larga, con el conectivo peltado en el ápice y cubierto de pelos estrellados (González- Elizondo *et al.*, 2007).

Los principales usos que se le dan a *Platanus mexicana* son para la fabricación de artesanías como cucharas, bastidores, fabricación de telares, utensilios domésticos, muebles y gabinetes, también es usado como combustible, para construcciones rurales, en algunas regiones se utilizan sus hojas para realizar infusiones y combatir el asma (Niembro- Rocas *et al.*, 2010).

**Figura 3.** Fisionomía de *Platanus mexicana*




(García Christian, 2013) (Quiroga, 2018).

### 2.3.2. Generalidades de Alnus acuminata

Conocido por Aile, Hilite, Aliso o Aile es un árbol que pertenece a la familia de las betuláceas. Puede alcanzar alturas de hasta 20 metros y diámetros de hasta 40 cm. Son monoicos, se constituyen por un tronco recto y cilíndrico, su copa es oval y densa, está compuesto por ramas delgadas y ascendentes. Es caducifolio, florece en los meses de noviembre a marzo y su fructificación se presenta en los meses de enero y abril (Ospina-Penagos *et al.*, 2005). El aile es originario de las regiones templado- húmedas y subhúmedas de América, su distribución geográfica va desde México a Centroamérica hasta las regiones

montañosas de Colombia, Venezuela, Perú, Ecuador, Bolivia y Argentina (Niembro- Rocas *et al*., 2010)

**Cuadro 5.** Taxonomía de *Alnus acuminata*

| | |
|---|---|
| Reino | Plantae |
| Filo | Magnoliophyta |
| Clase | Magnolipsida |
| Orden | Fagales |
| Familia | Betulaceae |
| Genero | *Alnus* |
| Especie | *Alnus acuminata* |

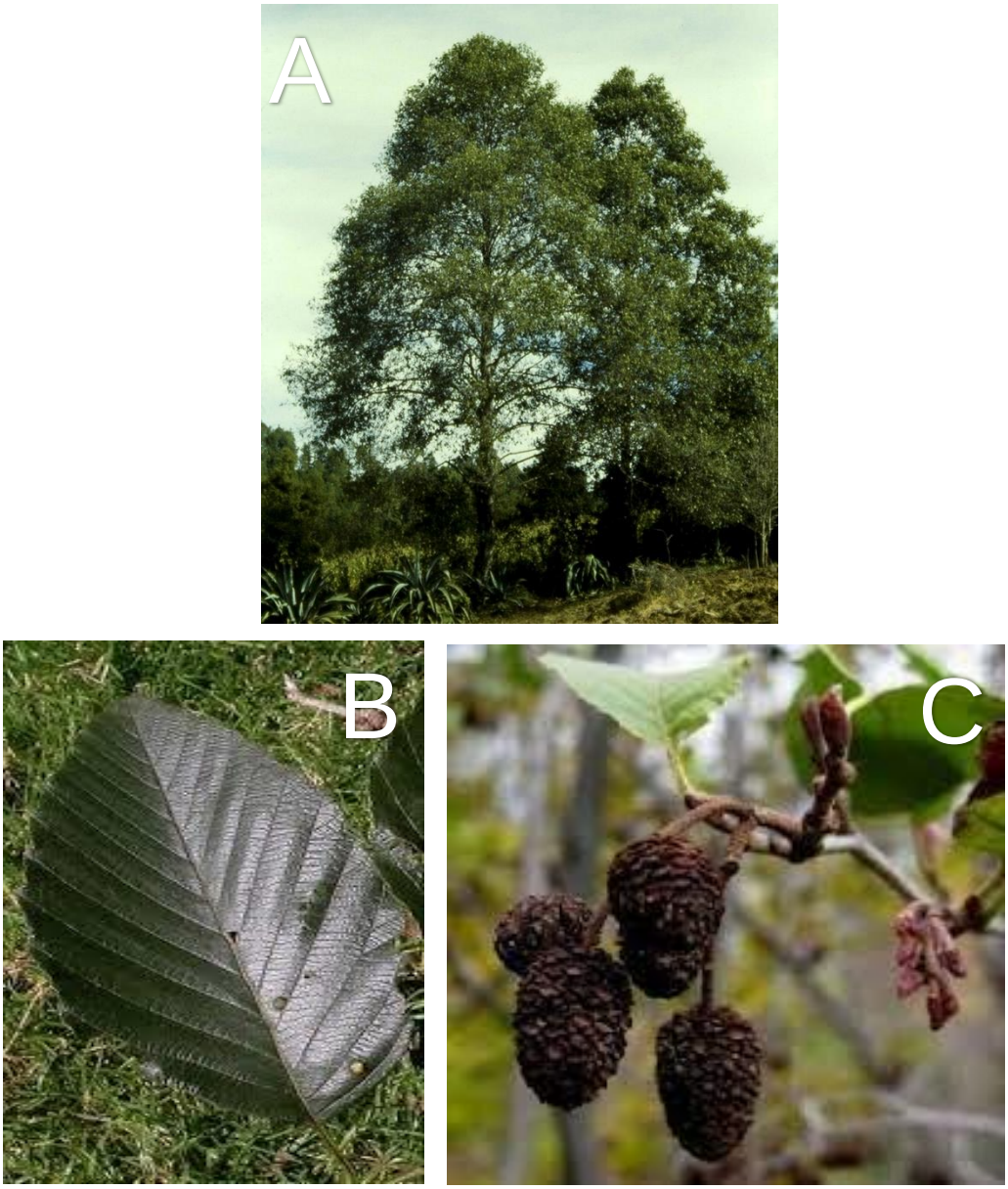
Su corteza es lisa y también escamosa, es desprendible en piezas delgadas de color café claro a café rojizo en individuos maduros. Sus hojas son simples y alternas, la lámina es ovada de 6 a 15 cm de largo por 3  8 cm de ancho, tiene el ápice acuminado, la base aguda, cuneada o redondeada y el margen biserrado. El haz es glabro con una coloración verde oscura y brillante. El envés presenta un color verde amarillento y presenta una pubescencia diminuta y una venación prominente (Lojan, 1992).

Presenta flores masculinas y femeninas, las primeras nacen en amentos de 5 a 12 cm de largo por 5 a 9 mm de diámetro. Los amentos generalmente se encuentran en grupos de 3 a 6; en uno solo hay numerosas flores compuestas de 4 estambres opuestos. Las segundas nacen en racimos de 7 a 10 mm de largo por 3 mm de diámetro, los cuales se encuentran en grupos de 3 a 6; en un racimo hay varias flores diminutas compuestas de un pistilo que termina en 2 estilos de un color más oscuro. Los frutos tienen forma de conillos ovoides de 18 a 25 mm de largo por 8 a 12 mm de diámetro, cada uno está compuesto de numerosas escamas dehiscentes y leñosas, dispuestas de manera helicoidal en torno a un eje central (Añazco, 1996).

Sus principales usos constan de la utilización de su madera ya que es empleada como leña en el medio rural, elaboración de tablas para construcción de viviendas, poses, cercas, muebles.

Sus hojas tienen múltiples beneficios medicinales pues son usadas para disminuir los dolores musculares, reumáticos y reducir la inflamación de la próstata, también sirven como complemento en las dietas para el ganado. Su corteza contiene una sustancia llamada betulosa que presenta la capacidad de disolver cálculos renales e impedir su formación gracias a su acción diurética (Niembro- Rocas *et al*., 2010).

**Figura 4.** Fisionomía de *Alnus acuminata*




(Jerzy, 2013).

### 2.3.3. Generalidades de Buddleja cordata

Conocido también por los nombres de Tepozán, Palo de zorro prieto, Zompantle o Salvia silvestre pertenece a la familia de las loganiáceas. Pueden llegar a medir hasta 15 m de altura y alcanzar diámetros de 45 cm. Son dioicos, aromáticos, pueden tener el tronco derecho, inclinado o torcido, la copa es redondeada y densa, está compuesto por ramas gruesas y de forma ascendente. Es caducifolio, florece en los meses de marzo a octubre y presenta fructificaciones entre los meses de abril y agosto. Su origen pertenece a las regiones tropicales y subtropicales, húmedas y subhúmedas de América en países como México y Guatemala (Ocampo- Acosta *et al*., 2013).

**Cuadro 6.** Taxonomía de *Buddleja cordata*

| Reino | **Plantae** |
|---|---|
| Filo | Magnoliophyta |
| Clase | Magnolipsida |
| Orden | Lamiales |
| Familia | Scrophulariaceae |
| Genero | *Buddleja* |
| Especie | *Buddleja cordata* |

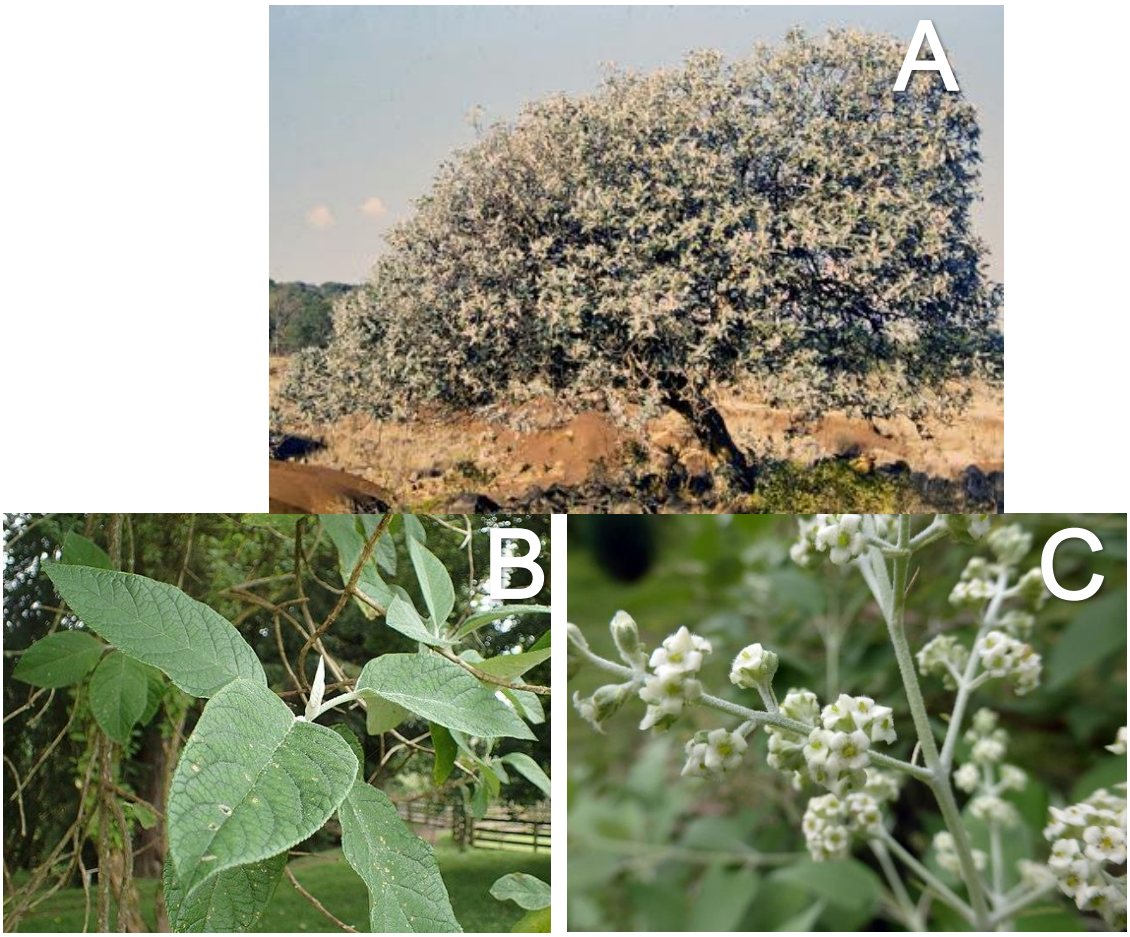
Es un árbol o arbusto con una corteza profundamente fisurada y áspera de color café y en los individuos maduros color negro. Sus hojas son simples, opuesto- cruzadas, su lamina es lanceolada, ovada a elíptica de 5 a 28 cm de largo por 2 a 13 cm de ancho, con el ápice agudo a acuminado, su base es cordada, obtusa o truncada, su borde es entero, serrad o serrulado, presenta una coloración verde claro en el haz y verde blanquecino brillante en el envés (Blanco, 2020).

Las flores del Tepozan generalmente nacen agrupadas en cabezuelas a lo largo de panículas terminales hasta de 28 cm de largo, son actinomorfas, con el cáliz campanulado y tomentoso, su corola está compuesta por 4 lóbulos de color blanco, crema o amarillo. Contiene cuatro estambres de 0.5 mm de largo, el ovario es superior. Sus semillas son elipsoides a ovoides

de 1 a 2 mm de largo por 0.2 a 0.6 mm de ancho. Contienen una ala periférica blanquecina y finamente reticulada (Niembro- Rocas *et al*., 2010)

*Buddleja cordata* es una especie muy utilizada en la medicina tradicional como atribuyéndole propiedades analgésicas, cauterizantes, febrífugas, diuréticas, antisépticas y eupépticas (Ortiz, 1996), sus hojas y raíces se emplean como tratamiento para tumores, ulceras y enfermedades hepáticas, tiene propiedades bactericidas y amebicidas (Ordaz, 1996).

**Figura 5.** Fisionomía de *Buddleja cordata*




*(*Lorena, 2020) **(**Garin, 2014).

### 2.3.4. Generalidades de Quercus laurina

Conocido también por los nombres de encino blanco, encino laurelillo, encino prieto o encino urikua. Es un árbol caducifolio que puede alcanzar alturas de hasta 40 metros y diámetros de 15 a 100 cm. Su corteza es gris oscura con finas grietas. En México, se encuentra distribuido en vegetaciones de bosque de pino- encino y encino, en estados como Tamaulipas, Sinaloa, Durango, San Luis Potosí, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Morelos Chiapas, Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, México, Puebla y Veracruz (Pérez- Olvera y (Dávalos- Sotelo, 2008).

**Cuadro 7.** Taxonomía de *Quercus laurina*

| | |
|---|---|
| Reino | Plantae |
| Filo | Magnoliophyta |
| Clase | Magnolipsida |
| Orden | Fagales |
| Familia | Fagaceae |
| Genero | *Quercus* |
| Especie | *Quercus laurina* |

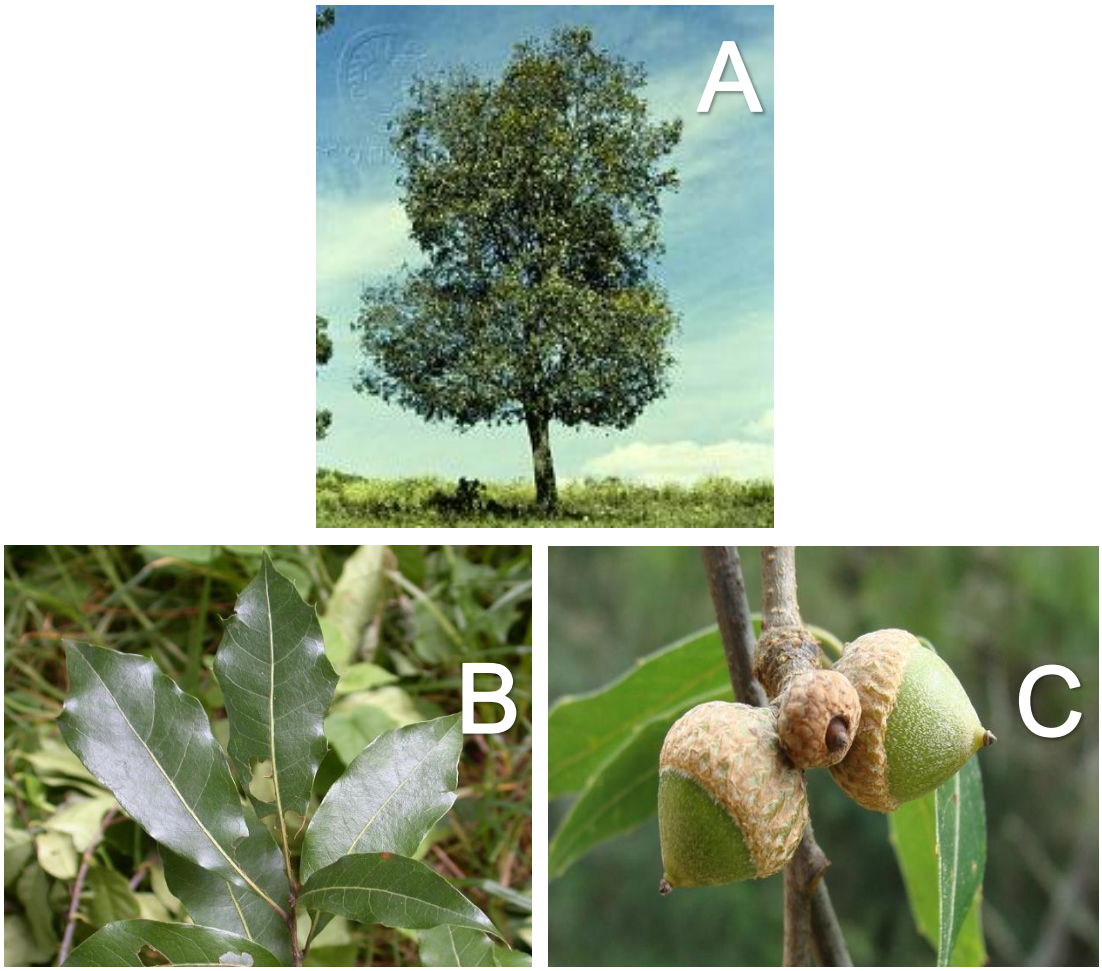
Sus hojas jóvenes tienen el haz amarillento por la presencia de tricomas simples de color ámbar, se encuentran distribuidos por toda la lámina pero abundantemente concentrados a lo largo de la vena media donde se encuentran tricomas simples de color blanco, el envés tiene una coloración verde. Las hojas maduras son lanceoladas o elíptico- oblanceoladas de 4 a 9 cm de largo por 1.3 a 4 cm de ancho, su ápice es agudo acuminado, aristado, se conforma por una base aguda atenuada u obtusa, su margen es plano engrosado a veces ondulado, entero o dentado con 1 a 5 dientes terminados en una arista, a veces solo se presenta de un solo lado de la hoja. Su textura es semicoriacea (Romero- Rangel *et al.*, 2014).

Sus frutos son anuales o bianuales, generalmente se encuentran solitarios, en pares o en grupos de 3, sésiles o en pedúnculos de 3 a 7 mm de largo; la cúpula es hemisférica de 13 a 16 mm de largo por 10 a 15 mm de diámetro, contiene escamas leñosas de ápice obtuso y

base no engrosada, pubescentes. La bellota es ovoide de 7 a 16 mm de largo por 7 a 10 mm de diámetro (Arizaga *et al.*, 2009).

Los usos de *Quercus laurina* se inclinan más por el aprovechamiento de su madera, en la fabricación de chapa, obtención de papel kraft, pisos, muebles, utensilios domésticos, tarimas para carga, para la elaboración de instrumentos musicales, cabos para herramientas, vigas para construcción, postes, para leña y carbón. Se considera a esta especie una buena alternativa para recuperar áreas degradadas, control de erosión y para la restauración de laderas (Santacruz- García y Espejel- Rodríguez, 2004). En comunidades rurales aprovechan cada parte del árbol para usarlos con fines alimenticios, medicinales, para forraje, artesanías, taninos y colorantes (Luna- José *et al.*, 2003).

**Figura 6.** Fisionomía de *Quercus laurina*




(Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, 2014).

# 3. MATERIALES Y METODOS

## 3.1. Área de estudio

El experimento fue realizado en la sierra norte del estado de Puebla, municipio conocido como Tetela de Ocampo, sus coordenadas geográficas son los paralelos 19° 38’ 42” y 97° 54’ 06” (INEGI, 2014). Dicho poblado presenta un gran territorio cubierto de bosques de pino- encino en su mayoría, sin embargo, existen otras especies como hilite (*Alnus acuminata),* papalote (*Platanus mexicana),* tepozán (*Buddleja cordata)* que conforman diversos ecosistemas dentro de la región. El cultivo de hongos se realizó en el interior de una casa, la habitación contaba con una superficie de 7.2 $m^2$ y 2.5 metros de altura. El cuarto contenía fuentes de ventilación como una puerta de madera de 2.1 metros x 0.8 m y una ventana de 1.20 m x 0.8m.

## 3.2. Muestra

En el experimento realizado se manejó como tamaño de muestra de 5 unidades experimentales en cada uno de los tratamientos a evaluar. Cada tratamiento se mantuvo bajo condiciones ambientales controladas y rigurosa asepsia para evitar posibles agentes contaminantes.

## 3.3. Tratamientos para la evaluación del cultivo

Los sustratos utilizados en este experimento fueron los siguientes: paja de cebada como tratamiento testigo (*Hordeum vulgare*), hojas de encino laurelillo (*Quercus laurina),* hilite (*Alnus acuminata),* tepozán (*Buddleja cordata)* y papalote (*Platanus mexicana).*

**Cuadro 8.** Tratamientos usados para la evaluación del cultivo de *Pleurotus ostreatus*.

| **Tratamientos** | **Clave** | |
|---|---|---|
| **1** | TPC | 1 kg paja de cebada + 30 g de grano invadido con micelio. |
| **2** | PE | 1 kg hojas de encino + 30 g de grano invadido con micelio. |
| **3** | PH | 1 kg hojas de hilite + 30 g de grano invadido con micelio. |
| **4** | PT | 1 kg de hojas de tepozán + 30 g de grano invadido con micelio. |
| **5** | PP | 1 kg de hojas de papalote + 30 g de grano invadido con micelio. |

### 3.3.1. Recolección y adecuación de hojas

Las especies descritas en la tabla anterior son especies arbóreas caducifolias, aprovechando dicha capacidad para la recolección se visitaron los lugares en donde estaban presentes las especies con las que se experimentó, se seleccionaron las hojas más definidas y se almacenaron en costales. Posteriormente se realizaron cortes a las hojas con ayuda de un machete de modo que quedaran partículas de entre 2 y 5 cm.

### 3.3.2. Preparación del cuarto de cultivo

El cuarto fue desinfectado con cloro en piso, ventana y estante. Se cubrió la ventana con plástico negro de tal manera que no pudiera entrar luz. La puerta se forro con plástico transparente para que no fuera dañada la madera por la humedad. Se colocó un termómetro higrómetro digital ambiental en la pared y un calefactor industrial con termostato sobre el piso para mantener la temperatura adecuada.

### 3.3.3. Tratamiento del sustrato

Los costales con hojas previamente cortadas en partículas más pequeñas se introdujeron en arpillas, se amarraron bien con rafia y se sumergieron en un tanque de agua durante 24 horas.

Transcurrido el tiempo descrito se sacó el material y se colgaron las arpillas para que escurriera el agua acumulada. La hidratación y prefermentación tiene como propósito la eliminación de azucares, remover la capa cerosa que cubre a las hojas e iniciar fácilmente los procesos de descomposición de la celulosa que contiene el sustrato (Stamets y Chilton, 1983).

### 3.3.4. Pasteurización

Según Gaitán- Hernández (2006) la pasteurización es una de las técnicas más utilizadas para el tratamiento de sustratos en el cultivo de *Pleurotus* debido a que permite un desarrollo eficaz en la producción de hongos. El método de pasteurización utilizado consistió en sumergir los sustratos picados y 600 gramos de cal en agua caliente a una temperatura de 80°C durante dos horas empleando un contenedor metálico calentado con gas butano.

La pasteurización tiene como finalidad eliminar impurezas como polvo, restos de materiales ajenos al sustrato seleccionado, ácaros, insectos, baterías y micelios de otros hongos no deseados y la cal es un elemento importante pues es capaz de neutralizar el pH, adiciona carbonatos de calcio y magnesio enriqueciendo más los sustratos en cuanto a rendimiento (Flores y Contreras, 2012).

### 3.3.5. Inoculación

Una vez llevada a cabo una buena pasteurización los sustratos fueron llevados a las mesas de siembra donde se escurrió y enfrió hasta que alcanzaran una temperatura de entre 20 y 25°C. La inoculación se realizó en cada una de las bolsas de polietileno transparentes con dimensiones de 25 x 60 cm.

La obtención de micelio de *Pleurotus ostreatus* se elaboró con semillas de trigo (*Triticum* spp.) y se realizó en la “Unidad de Producción *Hongos Setas Plus*” de la ciudad de Puebla. La semilla venia empacada bajo condiciones de asepsia. Se mantuvo bajo las condiciones estipuladas por la casa comercial a una temperatura de 4°C hasta el momento en que se realizó la inoculación.

Se inició el cultivo depositando 200 gramos de micelio y 3 kilogramos de sustrato húmedo en las bolsas de manera que el sustrato quedara por capas de aproximadamente 5 cm de espesor y una capa de micelio alternando las capas de estos dos elementos hasta cubrir la capacidad de la bolsa.

Una vez terminada la siembra se cerraron las bolsas para evitar contaminaciones y pérdida de humedad del sustrato, posteriormente con ayuda de una navaja previamente desinfectada se realizaron 6 orificios de aproximadamente medio centímetro distribuidos en cada una de las bolsas para promover una condición de semi- anaerobiosis requerida en la fase inicial de invasión del micelio (Varnero *et al*., 2010) finalmente se etiquetaron las bolsas con la fecha de siembra y el tipo de sustrato.

### 3.3.6. Incubación

Esta etapa se realizó en una habitación limpia y previamente desinfectada con un promedio de temperatura de 24° C a 26°C y un rango de humedad relativa de 70 a 80% en completa oscuridad. Se distribuyeron las bolsas al azar en un estante de fierro inoxidable, de tal manera que todos los bloques de sustrato se encontraran bajo las mismas condiciones ambientales existiendo una separación entre bolsa y bolsa de 30 cm para que puedan desarrollarse los hongos.

En esta etapa la temperatura y humedad relativa del cuarto fue medida con un termohidrómetro digital marca KEX GERMANY®. La temperatura se mantuvo con la ayuda de un calefactor industrial con termostato marca Electric® y la humedad relativa se mantuvo realizando pulverizaciones con agua diariamente en las paredes y piso. La renovación de aire se consiguió abriendo la ventana 2 veces al día durante 1 hora.

### 3.3.7. Fructificación

La etapa de fructificación inicio cuando el sustrato fue completamente invadido por el micelio y presento las primeras estructuras de los cuerpos fructíferos. Esta etapa se llevó a cabo en la misma habitación donde se realizó la incubación solo que las condiciones ambientales fueron diferentes a la etapa de incubación. La temperatura promedio fue de 15°C

a 25°C y la humedad relativa se mantuvo entre el 70 a 80%, la iluminación (Romero- Arenas *et al.*, 2018). La luz se suministró utilizando un foco de intensidad lumínica de 325 unidades lux marca AKSI® por un periodo de 8 horas diarias.

Debido a que esta fase es aeróbica, se retiraron las bolsas de plástico haciendo cortes con una tijera previamente desinfectada para que de este modo los hongos pudieran brotar con mayor libertad.

### 3.3.8. Cosecha y peso de los carpóforos

Cuando los carpóforos alcanzaron su punto de madurez, fueron cortados manualmente desde la base de su estípite con un cuchillo limpio y desinfectado para evitar posibles contaminaciones, los hongos cortados se fueron depositando en recipientes de plástico para no dañarlos. Después del corte y con ayuda de una báscula digital marca Sonolife® los hongos frescos fueron pesados para determinar algunas de las variables de este experimento. Este procedimiento se realizó durante las tres cosechas estipuladas en cada uno de los tratamientos.

## 3.4. Variables de respuesta

### 3.4.1. Tiempo en el crecimiento de micelio

Es el tiempo determinado en días en que tarda el hongo en colonizar completamente el sustrato.

### 3.4.2. Peso fresco

Peso en fresco de los cuerpos fructíferos en gramos (g).

### 3.4.3. Precocidad

Definida como el tiempo de transcurre entre el día de la inoculación y el día en que aparecen los primeros primordios o carpóforos.

### 3.4.4. Porcentaje de Eficiencia Biológica:

$$EB = \frac{\text{Peso de hongos frescos producidos}}{\text{Peso del sustrato seco}} x\ 100$$

### 3.4.5. Diámetro de los carpóforos

Diámetro de los carpóforos en centímetros (cm).

### 3.4.6. Cantidad total de hongos

Número de carpóforos cosechados por sustrato durante las tres cosechas evaluadas.

### 3.4.7. Tasa de producción

La Tasa de Produccion se obtiene con la siguiente formula:

$$\boldsymbol{TP = Eficiencia\ Biologica \div peiodo\ de\ fructificacion\ en\ dias}$$

## 3.5. Análisis estadístico

El diseño experimental correspondió a un diseño completamente al azar sobre cinco muestras o repeticiones empleando cebada como tratamiento control, los datos fueron procesados y analizados con el software SAS versión 8.1 y Microsoft Excel. Se usaron análisis de varianza con la finalidad de determinar efectos diferenciales entre los tratamientos. Además, se hizo la prueba de comparación de medias por el método de Tukey a un nivel p= 0,05.

# 4. RESULTADOS Y DISCUSION

A continuación se presentan los análisis de los resultados obtenidos en los cuatro sustratos evaluados.

## 4.1. Análisis del tiempo en el crecimiento de micelio de *Pleurotus ostreatus* en cada uno de los sustratos evaluados

Hace referencia al tiempo que tarda el inoculo en colonizar completamente el sustrato, esta variable se puede obtener mediante la observación de tal forma que se evidencie el cambio

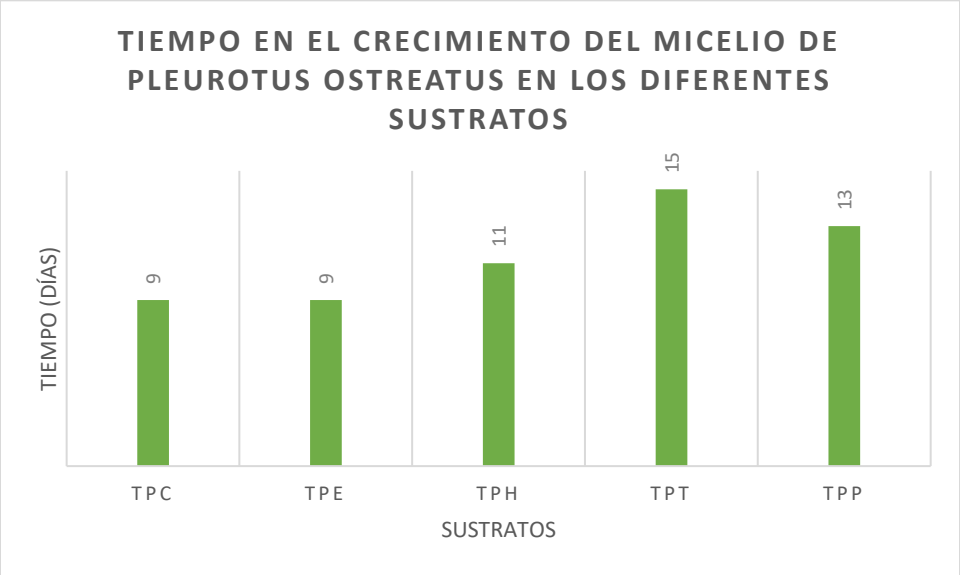
de color en el sustrato a un tono blanquecino y la compactación total del bloque (Figura 8). El desarrollo del micelio en el sustrato es un acontecimiento que sucede antes de que ocurra la formación de primordios. La correcta ejecución de la etapa de pasteurización e incubación garantizan un buen desarrollo micelial. La cobertura de micelio se observó en todos los tratamientos incluido el tratamiento testigo.

**Figura 7.** Sustratos recién incubados.

**Figura 8.** Corrida de micelio sobre sustratos.

Debido a que se utilizaron diferentes especies como sustrato los crecimientos del micelio no fueron los mismos. Al observar el tiempo de corrida de micelio se puede determinar que el Tepozán fue el tratamiento que le tomo más tiempo colonizar completamente el sustrato (Figura 9). Por otro lado, el tratamiento de encino y de cebada (tratamiento testigo), les llevo la misma cantidad de tiempo lograr una colonización sobre todo el sustrato, con una duración de 9 días los. A los quince días de haber inoculado las bolsas ya podía observarse una colonización completa en cada uno de los sustratos evaluados.

**Figura 9.** Tiempo en el crecimiento de micelio de *Pleurotus ostreatus* en los diferentes sustratos.




Esto puede deberse a que la cebada es uno de los medios en el cual el hongo ostra está acostumbrado a desarrollarse en la naturaleza, por lo tanto su metabolismo no se ve afectado (López- Rodríguez *et al.*, 2008). Además, debido a que *Pleurotus ostretus* es un hongo saprofito degradador de la materia orgánica busca ciertos elementos como la celulosa y lignina para desarrollarse mejor (Arias- Carbajal *et al.*, 2005). La cebada cuenta con 38% de celulosa, un 25% de hemicelulosa y un 10- 20% de lignina lo que le permite ser potencialmente fermentable debido a las estructuras cristalinas de la celulosa y por la existencia de enlaces covalentes de lignina (Rojas- León *et al.*, 2014).

Generalmente los encinos son especies que tiene altas concentraciones de celulosa que van de los 37% a 56%, hemicelulosas de 22% a 30% y de 8% al 22% de lignina (Honrato, 2002). Los porcentajes de estos polímeros en la cebada y encino son muy similares por lo que puede deducirse que a estas concentraciones el desarrollo del micelio es más rápido y eficiente en sustratos de esta naturaleza.

El tepozán fue el tratamiento que más tiempo le llevo una completa colonización al sustrato y esto pudo ser ocasionado por su contenido ya que se constituye por un 17% de

hemicelulosa, 31% de celulosa y 12% de lignina (Sanginés *et al.*, 2001). Es probable que la relación que existe entre estos porcentajes, impida que el micelio se desarrolle con facilidad.

También es importante considerar la compactación ejercida sobre el sustrato ya que es un factor que influye considerablemente en la corrida de micelio (López- Rodríguez *et al.*, 2008). Probablemente debido a la textura y forma de las hojas de Tepozán la compactación ejercida sobre el sustrato fue mayor pudiendo generar un microambiente deficiente de oxígeno, elemento importante para el crecimiento de micelio (Buckman y Buckman, 1991).

### 4.2. Análisis de precocidad en el cultivo de *Pleurotus ostreatus* en cada uno de los sustratos evaluados

La precocidad en el cultivo de hongos hace referencia al tiempo que transcurre desde el día de la inoculación hasta el día en que aparecen los primeros cuerpos fructíferos, son muy importantes ya que comunican el estado del cultivo, son fácil de reconocer pues son los primeros componentes visibles al ojo humano (Figura 10).

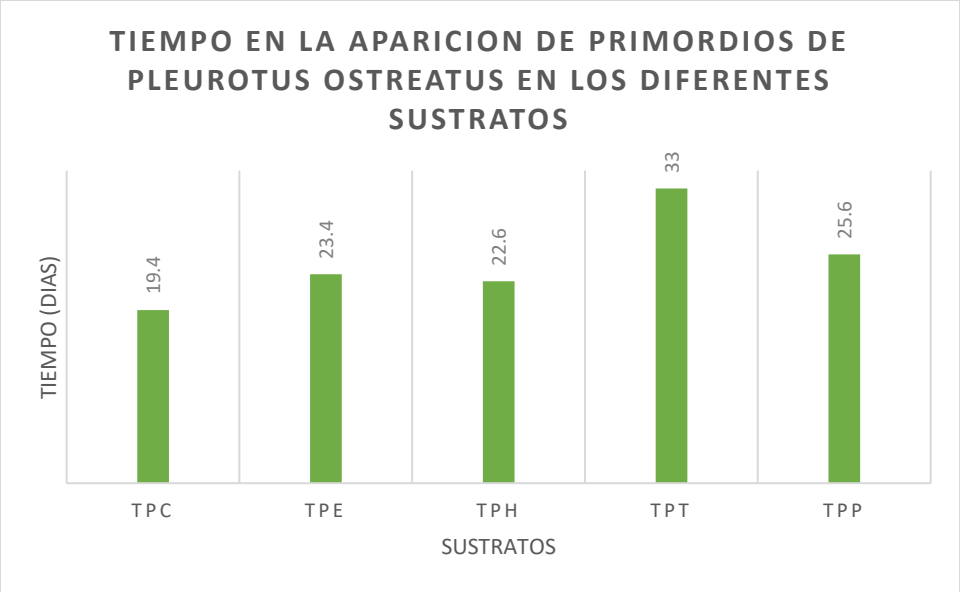
**Figura 10.** Formación de primordios en paja

Se mantuvo una estricta vigilancia para observar el tiempo de producción de primordios en los diferentes sustratos y los resultados determinan que el sustrato de paja de cebada fue el tratamiento que le tomo menos tiempo en tener las primeras emergencias de cuerpos fructíferos, seguido del tratamiento hilite y en tercer lugar el tratamiento de hojas de encino.

Los resultados ante esta variable pueden ser influidos por los tiempos en la corrida de micelio, pues la cebada y el encino lograron una colonización completa en un periodo corto de tiempo en comparación con los demás tratamientos; aunque cabe destacar que el tratamiento de hilite tuvo un rápido desarrollo entre el periodo de corrida de micelio y aparición de primordios que lo ha posicionado entre los tres mejores tratamientos en cuanto al tiempo en el desarrollo de cuerpos fructíferos.

Por otro lado, el sustrato hecho a base de hojas de Papalote le ha tomado una duración de 25 días en promedio para poder observar los pequeños cuerpos fructíferos, seguido del tratamiento Tepozán que fue el tratamiento que, así como en la variable anterior le ha llevado una duración de tiempo más prolongada con una duración de 33 días en promedio

**Figura 11.** Tiempo en la aparición de primordios de *Pleurotus ostreatus* en los diferentes sustratos




Según García- Lavis (2014) existen algunos sustratos que pueden empezar a producir primordios a partir del 4 y 5 día después de la inducción a la fructificación, en contraste, a algunos sustratos les puede llevar 60 días en presentar las primeras emergencias. La aparición

de primordios se considera eficiente cuando no supera los 30 días (Philippoussis *et al.,* 2003). En este experimento, el tepozán, encino, hilite y papalote mostraron periodos de tiempo no mayores a los 25 días, sin embargo, El Tepozán fue el único tratamiento que tardo más de 30 días en presentar los primeros cuerpos fructíferos por lo que no entra dentro de los tiempos óptimos.

Los resultados de esta variable pueden ser provocados por la cantidad de carbono y nitrógeno presentes en los tejidos de las diferentes especies utilizadas, ya que debido a la naturaleza del hongo su alimentación se basa en descomposiciones aeróbicas donde las concentraciones de estos dos elementos se requieren en altas proporciones para crear un ambiente óptimo para su crecimiento y desarrollo (Ardón- López, 2007).

El carbono es un elemento necesario para los hongos pues la usa como fuente directa para su metabolismo, puede ser utilizado a partir de diferentes fuentes como polímeros, carbohidratos y lípidos (Sánchez- Vásquez, 1994). Según Sánchez y Royce (2001), determinaron que el género *Pleurotus* pueden crecer favorablemente con relaciones de C/N entre 30 y 300 aunque también depende de la fase de crecimiento en la que se encuentre el hongo, las altas relaciones de C/N influyen en el rápido crecimiento del micelio mientras que las bajas relaciones favorecen el crecimiento y desarrollo de cuerpos fructíferos.

Con base a distintas investigaciones y experimentos de diferentes autores se puede determinar que la cebada contiene 0, 84% de nitrógeno (Ruilova- Cueva y Hernández-Monzón, 2014). El hilite contiene un 2.59% de N (Molina y Medina, 2008) y los encinos tienen un rango de Nitrógeno que va del 48% al 51% (Navarro- Figueroa *et al.,* 2005). Estos porcentajes son de los tratamientos más sobresalientes en esta variable y como se puede observar existen grandes variaciones entre ellas; los sustratos sobre los que generalmente se fructifican las especies de *Pleurotus* pueden contener bajos valores de nitrógeno porque lo que se tienen sospechas de que este género de hongos es capaz de fijar nitrógeno atmosférico (Sánchez y Royse, 2001).

Otro factor importante en la aparición de primordios es este experimento es la ventilación para la renovación de oxígeno, Kamra y Zadrazil (1986) demostraron que la fructificación suele darse en condiciones donde el oxígeno se encuentra en el 20% y una concentración de $CO_2$ no mayor a 800 ppm de no haber tenido una correcta ventilación en el cuarto de cultivo no habrían presentado crecimiento de primordios o deformaciones en los hongos (Won- Silk, 2005). Por lo que se considera que los niveles de oxígeno y CO2 en la habitación fueron los adecuados. Probablemente las fluctuaciones expresadas en los resultados en la aparición de primordios tienen más relación con las composiciones químicas de los sustratos utilizados que de las condiciones de temperatura, humedad y aireación.

### 4.3. Cantidad total de hongos producidos por bolsa de *Pleurotus ostreatus* en cada uno de los sustratos evaluados

Para determinar la cantidad total de hongos producidos, se registraron el número de carpóforos emitidos por cada bolsa durante las tres cosechas registradas. Por cada cosecha ejecutada se contó y registró cada carpóforo como una unidad considerando a todos aquellos que tuvieran formas y tamaños definidos, se ordenó y registraron los datos obtenidos y se pudo determinar por medio de ANOVA que no hubo diferencias estadísticamente significativas (Cuadro 9).

**Cuadro 9.** Cantidad total de hongos producidos por bolsa de *Pleurotus ostreatus* en cada uno de los sustratos evaluados

| REPETICIONES/ SUSTRATO | TPC | TPE | TPH | TPT | TPP |
|---|---|---|---|---|---|
| B1 | 31.00[a] | 22.67[a] | 35.33[a] | 13.333[a] | 16.33[a] |
| B2 | 31.33[a] | 22.00[a] | 37.00[a] | 15.000[a] | 17.33[a] |
| B3 | 32.00[a] | 22.33[a] | 39.00[a] | 10.667[a] | 17.33[a] |
| B4 | 30.00[a] | 21.33[a] | 32.33[a] | 12.333[a] | 17.67[a] |
| B5 | 32.00[a] | 21.67[a] | 33.33[a] | 13.000[a] | 18.33[a] |

Aunque no existan diferencias estadísticamente significativas entre los sustratos evaluados, se puede observar que tanto el sustrato de cebada, hilite y encino presentaron las más altas cantidades de hongos registrados y que las repeticiones registradas en cada tratamiento no demuestran fluctuaciones considerables entre ellas por lo que se puede determinar que la ejecución de cada una de las etapas para producir hongos fueron las mismas para cada unidad.

Según Quispe (1995) citado por López- Rodríguez (2007) se realizó la inoculación de dos cepas de *Pleurotus* (*Pleurotus ostreatus y Pleurotus* spp.) en cuatro tipos de sustrato: bagazo de caña de azúcar, cascara de café más aserrín, panca de maíz más aserrín y pudo observar el número de setas promedio ocupando valores de 22.8, 13.4, 20 y 4.2 en los cuatro sustratos utilizados, comparando sus resultados y los resultados promedios de esta investigación el tratamiento de paja de cebada tuvo un promedio de 31.8, seguido de hilite con 35. 398, en tercer lugar al tratamiento de encino con un promedio de 22, en cuarto lugar al tratamiento de papalote con 17.398 y finalmente al tratamiento tepozán con un promedio de 12.866. Los promedios descritos obtenidos se encuentran dentro del rango a los promedios obtenidos con

el autor e incluso superándolos como es el caso de cebada e hilite, por lo que se puede decir que la fuente de carbono en los sustratos no influye en el número de hongos que se producen por bolsa. Según información registrada por Magae *et al*. (1995) citado por López- Rodríguez (2007) el número de hongos producidos por bolsa no tiene mucha importancia como el peso fresco.

### 4.4. Diámetro de los carpóforos de *Pleurotus ostreatus* en cada uno de los sustratos evaluados

En general los carpóforos cosechados presentaron una estructura normal, definida, sin deformaciones y libre de contaminantes, lo que significa que los parámetros ambientales establecidos en donde se desarrolló el cultivo fueron los adecuados.

Para poder obtener el diámetro del sombrero o píleo primero tuvieron que ser cosechados antes de que llegasen a su madurez total y perdieran peso por deshidratación o por la esporulación. Posteriormente, con la ayuda de una regla milimétrica fue medido cada carpóforo como se muestra en la (Figura 12) y se registraron los datos

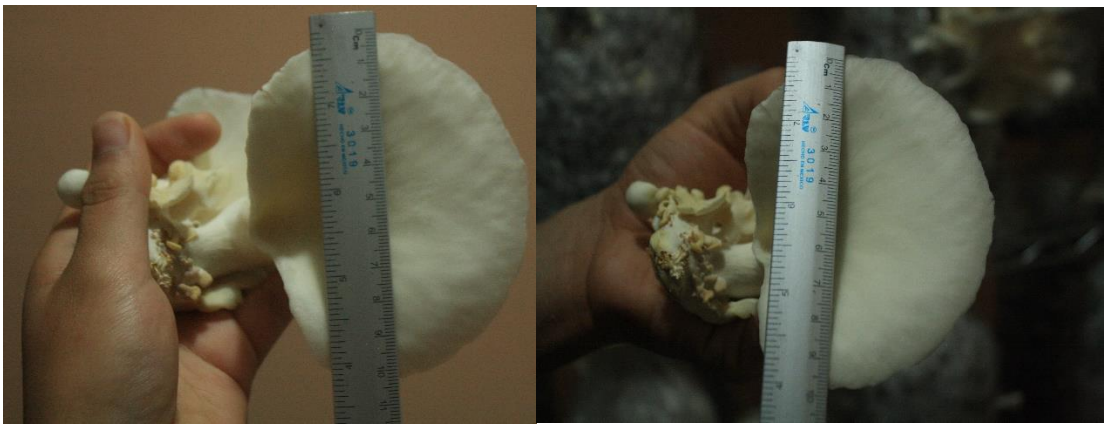


**Figura 12.** Medición de carpóforos de *Pleurotus ostreatus.*

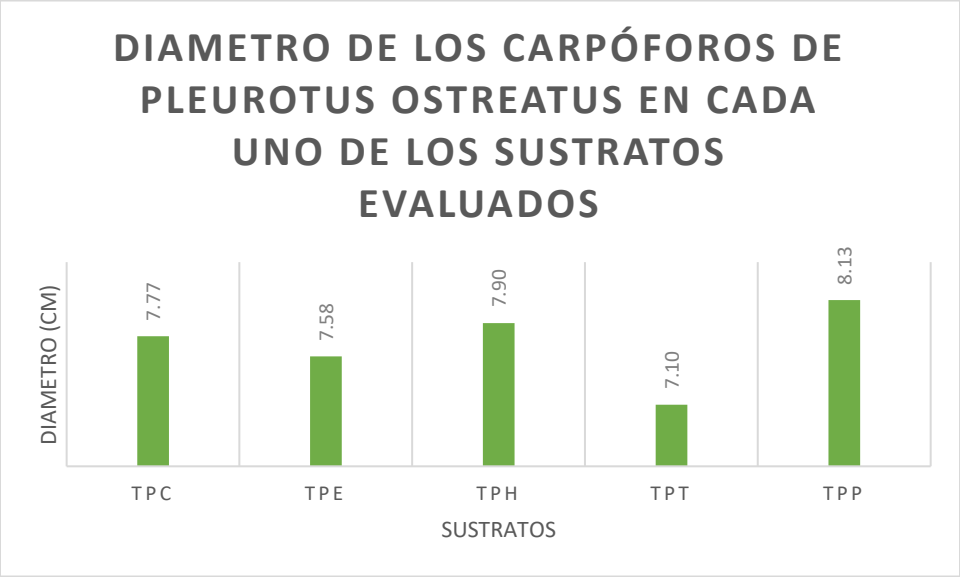
En el (Cuadro 10) se muestra la comparación de medias que se realizó con la prueba Tukey a un nivel p=0.05, en cada uno de los tratamiento, en él se puede observar que para diámetro no existen diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos.

**Cuadro 10.** Diámetro de los carpóforos de *Pleurotus ostreatus* en cada uno de los sustratos evaluados

| REPETICIONES/ SUSTRATO | TPC | TPE | TPH | TPT | TPP |
|---|---|---|---|---|---|
| B1 | 7.943[a] | 8.133[a] | 8.540[a] | 6.816[a] | 9.557[a] |
| B2 | 7.333[a] | 8.033[a] | 7.476[a] | 7.503[a] | 7.833[a] |
| B3 | 7.920[a] | 7.556[a] | 7.766[a] | 6.953[a] | 7.177[a] |
| B4 | 7.676[a] | 7.123[a] | 7.836[a] | 7.143[a] | 8.107[a] |
| B5 | 8.000[a] | 7.033[a] | 7.900[a] | 7.100[a] | 7.967[a] |

Ya que no se mostraron diferencias estadísticamente significativas para la variable de diámetro, de manera ilustrativa (Figura 13). se puede demostrar matemáticamente hablando, que el tratamiento que presentó los diámetros más elevados fue el tratamiento de papalote con una media de 8.13 cm; mientras que el tratamiento que presento bajos registros en diámetro fue el tratamiento de Tepozán con una media de 7.10.

**Figura 13.** Diámetro de los carpóforos de *Pleurotus ostreatus* en cada uno de los sustratos evaluados




Muñoz- Caballero (2017) menciona que no existe una relación directa entre el tamaño de los carpóforos con las técnicas de desinfección o sustratos utilizados. Vogel y Salmones (2000) atribuyen el mismo parámetro y a su vez menciona que el tipo de cepa utilizada o las condiciones ambientales a las que se mantuvo el cultivo de hongo influyen en la determinación de diámetro.

Los resultados obtenidos en esta variable pudieron haber estado relacionados con la cantidad de luz pues informes registrados por Beltran *et al*. (1995) describe que la falta de luz puede provocar adelgazamientos en el pie y reducciones en los carpóforos. Según Eger (1974) *Pleurotus ostreatus* no puede fructificar en condiciones de oscuridad continua. García-Rollán (2007) comenta que durante la etapa de fructificación se recomienda una intensidad lumínica de 60 a 500 unidades lux, en este experimento la intensidad lumínica ejecutada fue de 325 unidades lux por lo que entra dentro de los parámetros establecidos por el autor por lo que se puede determinar que la intensidad de luz en el experimento se mantuvo regulada a tal grado que el factor luz no tuvo afectaciones en la reducción de carpóforos.

Catacumba- Echeverria (2013) evaluó el sustrato de tamo de cebada con aplicación de afrecho, obteniendo medias que van del 5,9 al 6,6 cm de diámetro en píloros, afirmando al mismo tiempo que esas longitudes de carpóforo son consideradas de tamaño medio y aceptadas a nivel comercial, comparando sus resultados con los de este experimento se determina que el uso de los sustratos de papalote, encino, tepozán, hilite y cebada permiten un buen desarrollo en diámetro de hongos a tal nivel que son bien vistos a nivel comercial.

### 4.5. Peso fresco de *Pleurotus ostreatus* en cada uno de los sustratos evaluados

Cuando los hongos fueron recién cosechados inmediatamente fueron pesados en una báscula (Figura 14) para evitar posibles pérdidas de humedad.

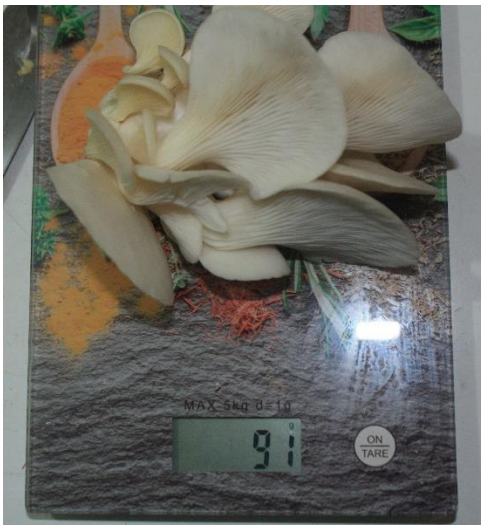



**Figura 14.** Toma de peso de hongos frescos de *Pleurotus ostreatus*

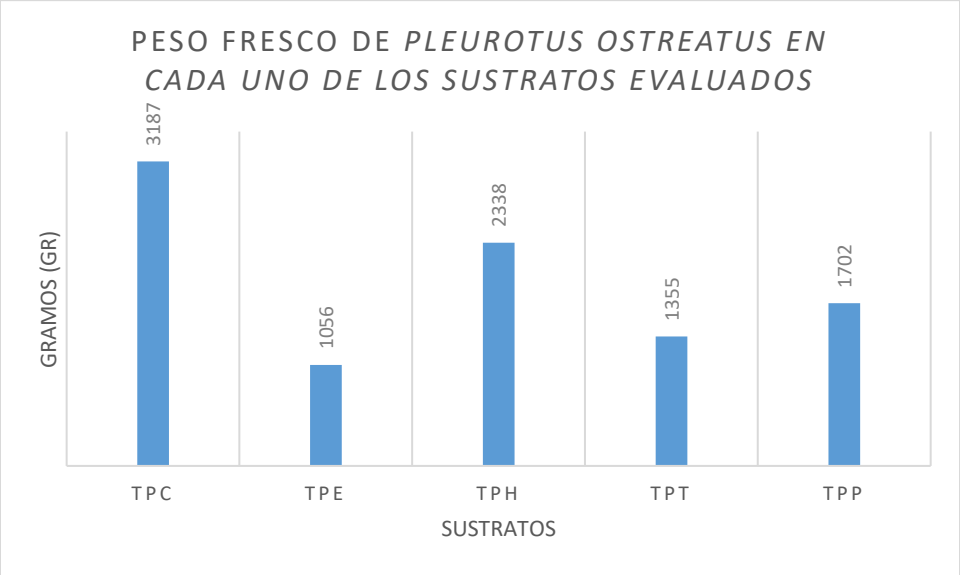
Posteriormente se registraron los datos obtenidos de las tres cosechas estipuladas y se logró determinar por medio de un ANOVA que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos experimentados (Cuadro 11).

**Cuadro 11.** Peso fresco de *Pleurotus ostreatus* en cada uno de los sustratos evaluados

| REPETICIONES/ SUSTRATO | TPC | TPE | TPH | TPT | TPP |
|---|---|---|---|---|---|
| B1 | 257.7[a] | 124.67[a] | 233.33[a] | 94.33[a] | 83.00[a] |
| B2 | 256.3[a] | 37.33[a] | 109.00[a] | 173.33[a] | 139.33[a] |
| B3 | 222.3[a] | 131.00[a] | 188.00[a] | 61.33[a] | 98.00[a] |
| B4 | 202.3[a] | 21.00[a] | 128.33[a] | 53.33[a] | 83.00[a] |
| B5 | 143.1[a] | 38.00[a] | 130.67[a] | 69.33[a] | 164.00[a] |

De acuerdo a los métodos estadísticos utilizados demuestran que no existió diferencia significativa, sin embargo, como se demuestra en la (Figura 15) el tratamiento que tuvo los más altos niveles de peso fue el tratamiento de cebada; esto puede deberse a que el tratamiento testigo es un medio en el cual el hongo está habituado a crecer por lo que es de esperar que el sustrato que funge como tratamiento testigo presente la media más representativa en comparación con los demás sustratos.

**Figura 15.** Peso fresco de *Pleurotus ostreatus* en cada uno de los sustratos evaluados




Conforme a los resultados se puede decir con seguridad que la cebada contiene nutrientes de fácil asimilación para los hongos

Coraquetzali (2013) realizo una investigación demostrando que logro obtener diferencias significativas en cuanto al peso de hongos frescos con un rango de 200 a 400 gramos, considerándolos como niveles óptimos de producción en cuanto a peso, comparando sus registros con esta investigación, todos los tratamientos superaron el rango más bajo (200 gramos) considerado por el autor, tomando en cuenta la información retomada se puede concluir que todos los sustratos empleados son capaces de producir más del rango mínimo mencionado.

Oie (2003), menciona que *Pleurotus ostreatus* utiliza el carbono como fuente principal de energía y formación de biomasa, y el nitrógeno para formar componentes celulares como las proteínas y ácidos nucleicos, es por eso, que de acuerdo a las necesidades metabólicas de los hongos lignocelulosicos se necesita más cantidad de carbono que nitrógeno, cuando hay excesiva cantidad de carbono y nulo nitrógeno provoca una disminución en el crecimiento y reproducción de hongos. Sanchez y Royse (2001) afirman que las pajas de cereales son las materias primas más utilizados como sustratos en diferentes especies de *Pleurotus* ya que

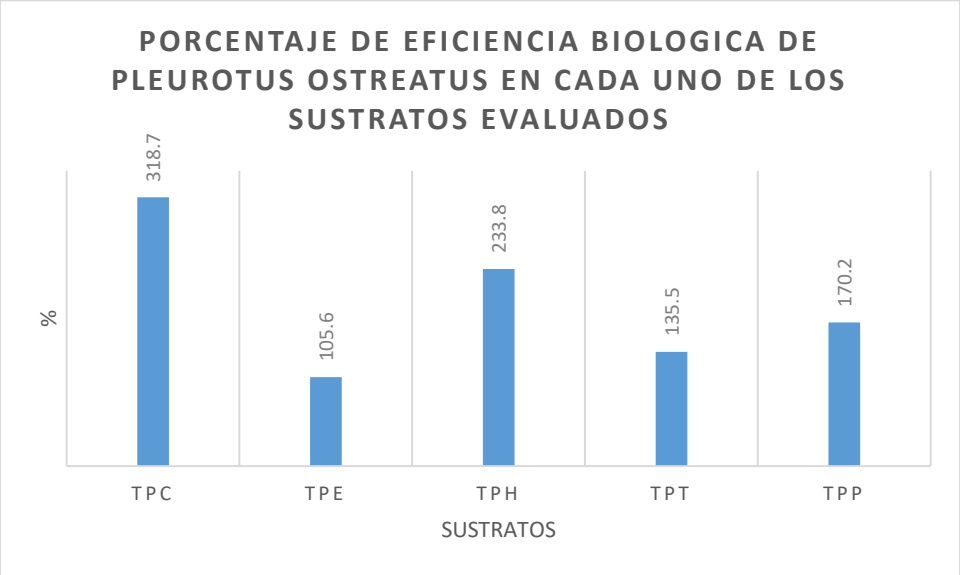
aparte de su fácil disponibilidad, son materiales con un alto predominio de lignocelulosa y con un contenido en nitrógeno por debajo del 1%. La cebada fue el tratamiento más sobresaliente en este experimento y eso puede haber sido ocasionado por la relación C/N que contiene ya que es del 119.0% posicionándola como uno de los cereales con más porcentaje en la relación de C/N en material seca.

Sánchez y Royse (2001) comentan que es habitual el utilizar materiales orgánicos con mayor contenido en nitrógeno como aditivo para elevar el contenido de nitrógeno en los sustratos. Fuentes- Ancco (2012) realizo un experimento donde obtuvo buenos resultados en su variable de peso adicionando salvado de trigo como suplemento orgánico ya que contiene 9.7% de nitrógeno. En este experimento solo se evaluó la naturaleza por si sola de cada especie, sin la adición de aditivos, probablemente si se hubieran añadidos aditivos como lo menciona la bibliografía se hubieran tenido mejores resultados en los sustratos experimentados, sin embargo, el conocer los comportamientos del cultivo en los diferentes sustratos nos puede dar una idea de cuáles son los rendimientos para saber la cantidad del aditivo correspondiente en experimentaciones futuras.

### 4.6. Análisis de Porcentaje de Eficiencia Biológica de *Pleurotus ostreatus* en cada uno de los sustratos evaluados

Uno de los parámetros más importantes para considerar la productividad del cultivo es la eficiencia biológica, para poder determinarlo es necesario obtener el peso fresco total de los hongos producidos/ peso seco del sustrato x 100. De acuerdo a los resultados obtenidos se puede observar que no existieron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, de igual forma como se muestra en la figura  en la (Figura 16) se puede observar que está directamente relacionado con los resultados de peso fresco que se obtuvieron. Los resultados muestran que el tratamiento de paja tuvo el mayor porcentaje de eficiencia biológica con un 318.7%, seguido por hilite con un 233.8%, papalote con un 170.2%, tepozán con un 135.5% y encino con un 105.6%.

**Figura 16.** Porcentaje de eficiencia biológica de *Pleurotus ostreatus* en cada uno de los sustratos evaluados




Segun Tchierpe y Hartman (1977) y Guzmán (1993) mencionan que una eficiencia biológica adecuada debe de ser alrededor o más del 100%, tomando en cuenta lo que menciona el autor todos los sustratos evaluados en este experimento superan la cantidad de porcentaje mencionado por el autor por lo que se puede determinar que todos los sustratos son productivos y cuentan con los nutrimentos necesarios para producir hongos.

García- Téllez (2002) afirma que las variaciones de eficiencia biológica que se pueden tener en los sustratos se debe a las diferentes concentraciones de azucares. Como se pudo observar en la mayoría de las variables descritas en este experimento el tratamiento de Tepozán tuvo los más bajos valores esto puede ser producido por los compuestos químicos que contiene pues Rodriguez *et al*. (1999) comenta que contiene flavonas, linarina y verbacosido, este último compuesto actúa como inhibidor en la producción de proteína y dificulta la síntesis de proteína, probablemente estos compuestos dificultan el fácil desarrollo de hongos, sin embargo, aun así superó los parámetros establecidos por la literatura para poder ser catalogado como un sustrato productivo.

En un experimento realizo por Rojas- Domingo (2004) utilizó encino en uno de sustratos obtenido un porcentaje de eficiencia biológica del 91.07%, dicho resultados no tiene mucha diferencia con el tratamiento de encino evaluado en este experimento pues se obtuvo un 105. 6%.

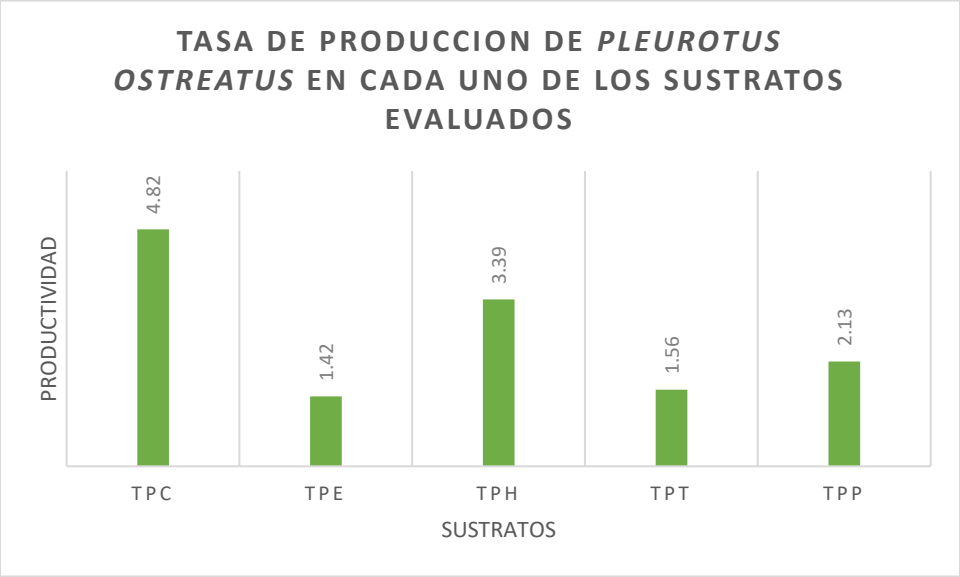
Otro factor importante que pudo influir en los resultados fue el tipo de tratamiento al que fueron sometidos los sustratos pues Muñoz- Caballero (2017) en un experimento realizado menciona que tuvo mejores resultados en productividad en los sustratos que fueron hervidos que los que fueron sometidos a otro tipo de tratamiento.

La química del sustrato es uno de los parámetros más importantes a considerar pues tiene una íntima relación con las necesidades del crecimiento del hongo, no obstante los factores físico-químicos, como el pH y la textura, así como los factores ambientes, como la humedad y temperatura determinan la productividad del cultivo (Guzmán *et al.*, 1993).

### 4.7. Tasa de producción de *Pleurotus ostreatus* en cada uno de los sustratos evaluados

Es uno de los parámetros más importantes para medir productividad en el cultivo de hongos y esta variable se obtiene a partir de la eficiencia biológica entre el número total en días de evaluación, a partir del día de la inoculación. Los resultados se muestran en la (Figura 17) destacando al tratamiento cebada con 4.82 kg, seguido por el tratamiento de hilite con 3.39 kg, papalote con 2.23 kg, tepozán con 1.56 kg y finalmente encino con 1.42 kg.

**Figura 17.** Tasa de productividad de *Pleurotus ostreatus* en cada uno de los sustratos evaluados




En un estudio realizado por Borja y Segura (2016) donde evaluó bagazo de caña, paja de cebada, cascara de frijol y salvado de trigo, obtuvo una tasa de productividad del 0. 34, 1.34 y 1.0 comparando sus resultados con el del presente experimento se puede determinar que los sustratos evaluados en esta investigación fueron mejores que los que menciona el autor afirmando al mismo tiempo que una alta tasa de producción indica una elevada Eficiencia Biológica en un clico corto de producción, desde la inoculación hasta la última cosecha. Sin embargo, Pérez y Mata (2005) experimentaron con otra clase de sustratos obteniendo 0,63 y 1,13 al inocular 19 cepas de *Pleurotus* spp.

Otro estudio realizado por Gómez y Cuervo (2008) menciona que el tratamiento que obtuvo el mejor resultado en tasa de productividad tuvo un resultado de 0,905 kg, tomando en cuenta los resultados de los autor antes mencionados podemos concluir que los sustratos utilizados en este experimento cuentan con los nutrimentos necesarios que necesita el cultivo de *Pleurotus ostreatus* para desarrollarse. Por otro lado cabe mencionar que el método ejecutado y los cuidados de higiene aplicados en este experimento fueron realizados en las mejores condiciones porque además de haber obtenido buenos resultados no se presentaron

incidencias de contaminación en las bolsas en comparación con otros experimentos mencionados en la literatura.

## 5. CONCLUSIONES

La variación de resultados obtenidos en este experimento son provocadas por las diferentes concentraciones de azucares y composiciones químicas que constituyen los sustratos, ya que estos determinan la productividad del cultivo.

El sustrato que tuvo mejores resultados en cada una de las variables, fue el tratamiento de cebada, su cultivo en condiciones controladas permite explotar todos los nutrientes de este cereal.

El sustrato de hilite obtuvo una eficiencia biológica de 233.8% tomando el segundo lugar en este experimento, el contenido nutricional de esta especie provoca el bien desarrollo de hongos, concluyendo así mismo que es un sustrato bastante productivo y que con la adición de algún aditivo puede ser altamente eficaz para producciones a alta escala.

El tratamiento de hilite tiene un ciclo de cultivo relativamente corto y puede ser un buen competidor para las especies más utilizadas como sustrato para el cultuvo de *Pleurotus ostreatus*.

El tratamiento tepozán tuvo los resultados más deficientes y tiempos prolongados de cultivo debido a los componentes insecticidas que constituyen sus tejidos y dificultan la síntesis de proteína. A pesar de que esta especie se pueda adquirir fácilmente en la región, no resulta ser un sustrato eficiente para el cultivo de *Pleurotus*.

La producción de hongos en casa puede ser una opción para mantener una sustentabilidad a nivel familiar

Es este estudio se demostró que es posible producir hongos desde casa, logrando producir alimento a partir de los 20 días de inoculación, por lo que se considera que el cultivo de

hongos una opción rentable, económica y alternativa para producir alimento en condiciones de aislamiento social.

Se considera que Tetela de Ocampo cuenta con especies de plantas capaces de fungir como sustratos productivos para cultivar hongos, economizando los costos de producción.

## LITERATURA CITADA

Alexopoulos, C., J. & Mims, C., W. (1985*). INTRODRODUCCION A LA MICOLOGIA*, Barcelona, España: Ediciones Omega.

Ardón- López, C. (2007). *LA PRODUCCION DE LOS HONGOS COMESTIBLES* [Tesis de maestría, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Biblioteca USAC.

Arias- Carbajal, G., Bueno- García, G., Betancourt- Rodríguez, D., Álvarez, I., González, A. L. (2005). Biotransformación de Residuos Lignocelulosicos con Hongos Pleurotus. *Revista CENIC.* Ciencias Biológicas, 36, 2005

Arizaga, S., Martínez- Cruz, J., Salcedo- Cabrales, M. & Bello- González, M. A. (2009). Manual de la biodiversidad de encinos michoacanos. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Añazco, M. (1996). El Aliso (*Alnus acuminata)* Proyecto Desarrollo forestal. Campesinos de los Andes en el Ecuador. 49- 166 pp.

Azcón- Bieto, J., & Talón, M. (2000). *Fundamentos de Fisiología Vegetal*. Ediciones Universidad de Barcelona.

Azcona. (15 de Junio de 2019). HISTORIA DEL CONSUMO Y CULTIVO DE SETAS I. La Rioja, España: *Fungiturismo Descubriendo el Reino Fungi.* Recuperado de http://www.fungiturismo.com/historia-del-consumo-cultivo-de-setas-i

Barba- Chávez, J. M., & López- Cruz, J. I. (2017*). Guía práctica para el cultivo de Setas*. Universidad Autónoma Metropolitana. Ciudad de México, México. Casa abierta al tiempo.

Beltrán, V. (1995). Producción comercial de setas (*Pleurotus* spp.). Manual de setas y champiñones, S.A. de C.V. México.

Blanco, L. (18 de diciembre de 2020). Tepozan: características, hábitat, taxonomía, propiedades. Lifeder. Recuperado de http://www.lifeder.com/tepozan/

Borja- Borja, N. L. & Segura- Quintana, G. W. (2016). EVALUACION DE RESIDUOS AGRICOLAS PREDOMINANTES EN LA PROVINCIA BOLIVAR PARA LA PRODUCCION DE HONGOS TIPO OSTRA *(Pleurotus ostreatus)* POR FERMENTACION SOLIDA [Tesis licenciatura]. Universidad Estatal de Bolivar.

Buckman, S. J. & Buckman, J. D. (1991). Microbiología. *Pulpa y papel, química y tecnología química, 2*. LIMUSA.

Catacumba- Echeverría, A. J. (2013). Evaluacion de la Producción del Cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*, sobre tamo de cebada con aplicación de afrecho, y diferente porcentaje de micelio, en la parroquia Pifo, Provincia Pichincha [Tesis Licenciatura]. Universidad Estatal de Bolívar.

Carranza, G. E. (1994). FLORA DEL BAJIO Y DE REGIONES ADYACENTES. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, 1- 7 pp.

Carrillo, L. (2003). *Los Hongos de los alimentos y forrajes*. Argentina: Universidad Nacional de Salta.

Cepero- García, M., C., Restrepo- Restrepo, S., Franco- Molano, A., E., Cárdenas-Toquica, M. & Vargas- Estupiñán. (2012). *Biología de hongos*, Bogotá, Argentina, Universidad de los Andes Facultad de Ciencias.

Coraquetzali, M. (2013). Efecto de dos sustratos en la Productividad y Calidad Nutricional del Hongo *Pleurotus ostreatus*.

Cubas, P. (2007). Hongos. Geología, Botánica, Medioambiente, Sociedad. España. Recuperado de https://www.aulados.net/Botanica/Curso_Botanica/Hongos/31_hongos_general_texto.pdf

Chacón, S., Utrera, E. (2013). Hongos Ascomicetos: pequeños gigantes de las áreas verdes urbanas y periurbanas de Xalapa. Instituto de Ecología. Recuperado de https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/ct-menu-item-85

Chiusa, L. (2019). *El gran libro de las setas de España y Europa.* Editorial de Vecchi.

Chuncho, V. A. G., Chuncho, M. G. C., & Aguirre, M. Z. (2019). *Anatomía y Morfología Vegetal. Serie*: Estudios de Biodiversidad 6. Universidad Nacional de Loja

Dobles, X., P. (2013). *Conflictos sociales, luchas sociales y políticas de seguridad ciudadana,* Estado de México, México, Instituto Latinoamericano de Estudios Avanzados.

Fernández- Quiroga, M. P. (2018). Fruto [Fotografía]. La verdadera historia del plátano oriental.

Flores- Montes de Oca, G. (2012). Manual de cultivo de hongos seta *Pleurotus ostreatus* de forma artesanal. Style by ShockVisual. Recuperado de https://style.shockvisual.net/manual-de-cultivo-de-hongo-seta-pleorotus-ostreatus-de-forma-artesanal/

Flores- Montes de Oca., & Conteras- Trujano, M. (2012). MANUAL DE CULTIVO DE HONGO SETA (*Pleurotus ostreatus)* DE FORMA ARTESANAL. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México.

Fuentes- Ancco, M. (2012). EVALUACION DEL CRECIMIENTO Y PRODUCCION DEL HONGO OSTRA (*Pleurotus ostreatus)* EN TRES DIFERENTES RESIDUOS AGROINDUSTRIALES DE LA PROVINCIA DE ABACAY [Tesis licenciatura]. Universidad Nacional Bastidas de Apurimac.

García- Lavis, J. (2014). OPTIMIZACION DE LA METODOLOGIA PARA LA PRODUCCION DE HONGOS COMESTIBLES. Universidad del Pais Vasco. Leiao.

García- Téllez, J. (2002). Evaluación de 6 sustratos para determinar la Eficiencia Biológica del hongo *Pleurotus ostreatus* [Tesis licenciatura]. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Gaitán- Hernández, R., Salmones, D., Merlo- Pérez, R., & Mata, G. (2006). MANUAL PRÁCTICO DEL CULTIVO DE SETAS Aislamiento, siembra y producción. *Instituto de Ecología A.C.*, Xalapa. 1- 47 pp.

Gallego, E., & Sanchez, J., S. (2011). FILO ASCOMYCOTA. Almería, España: https://w3.ual.es/GruposInv/myco-ual/ascos.htm

García, C. (2013). Álamo blanco [Fotografía]. https://www.naturalista.mx/photos/355068

García- Rollan, M. (1985). *NUEVAS TECNICAS DE CULTUVO DE PLEUROTUS OSTREATUS* (8/85). Recuperado de https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1985_08.pdf

García- Rollan, M. (2007). CULTIVO DE SETAS Y TRUFAS. Ediciones Mundi-Prensa.

Gea- Alegría, F. J. (2012). Cultivo de setas *Pleurotus* en España en Sánchez, J. E (Ed.), Mata, G (Ed.), Hongos Comestibles y Medicinales en Iberoamérica. Colegio de la Frontera Sur.

Gea, F. J., & Laínez. (2011). Cultivo de setas *Pleurotus.* Tecnología Agroalimentaria, 9. 41- 48 pp.

Gea, F. J., Navarro, M. J., & González, A. J. (2008). La mancha bacteriana del champiñón: identificación del agente causal, valoración de daños y medidas de control. XIV Congreso de la Sociedad Española de Fitopatología.

Gellerstedt, G., Li, J., Eide, I., Kleinert, M. & Barth, T. (2008). Chemical structures present in biofuel obtained from lignin. *Energy & Fuels,* 4240- 4244 pp.

Gómez- Garzón, J. P. & Cuervo- Andrade, L. J. (2008). Producción de *Pleurotus ostreatus* sobre residuos sólidos lignocelulósicos de diferente procedencia. Universidad Nacional de Colombia

González- Elizondo, M., González- Elizondo, S. M., Álvarez- Zagoya, R. & López- Enríquez, L. I. (2007). *Árboles y Arbustos de los Parques y Jardines del Norte- Centro de México (Guía de Identificación).* Unidad Durando Instituto Politécnico Nacional CIIDIR.

Guzmán, G., Mata, G., Salmones, D., Soto- Velazco, C., & Guzmán- Dávalos, L. (1993). EL CULTIVO DE LOS HONGOS COMESTIBLES. *Instituto Politécnico Nacional.* 1- 229 pp.

Honorato, S. J. A. (2002). Química de la madera de encinos. Quintanar, O. (Ed.). Características, propiedades y procesos de transformación de la madera de los encinos de México. Libro técnico No. 2. INIFAP- CIRCE. Puebla, México. 86- 106 pp.

Huitrón-Contreras, Y., Nava- Galicia, B., S., & Bibbins- Martínez, M. (2020). Las Bondades de un Hongo Basidiomiceto Llamado *Pleurotus ostreatus. Frontera Biotecnológica.* 19- 22 pp.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). (2014). Perspectiva estadística Puebla. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México. 99 pp.

Jawaid, M., Boufi, S., & Khalil, A. (2017). *Cellulose- Reinforced Nanofibre Composites Production, Properties and Applications.* Woodhead Publishing Ltd.

Jovert, G. (30 de noviembre de 2011). Hongos ostra gris. Exposición Paddestoelen Paradijs.

Kamra, D. N. & Zadrazil, F. (1986). Influence of gaseous phase, light and substrate pretreatment on fruitbody formation, lignin degradation and *in vitro* digestibility of wheat Straw fermented with *Pleurotus* spp. *Agr: wastes, 18*. 1- 17 pp.

Llaven, Y., (26 de noviembre de 2012). México es el principal productor de hongos comestibles y medicinales en LA. *La Jornada de Oriente.* Recuperado de https://www.lajornadadeoriente.com.mx/noticia/puebla/mexico-es-el-principal-productor-de-hongos-comestibles-y-medicinales-en-la_id_16824.html

Luna- José, A., Montalvo- Espinoza, L. & Rendón- Aguilar, B. (2003). LOS USOS NO LEÑOSOS DE LOS ENCINOS EN MÉXICO. *Boletín de la Sociedad Botánica de México, 72*, junio 2003, 107- 117 pp.

Lojan, L. (1992). El verdor de los Andes. *Árboles y Arbustos Nativos para el Desarrollo Forestal Andino.* Ecuador.

López- Rodríguez, C., Hernández- Corredor, R., Suarez- Franco, C. & Borrero, M. (2008). EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE *Pleurotus*

*ostreatus* SOBRE DIFERENTES RESIDUOS AGROINDUSTRIALES DEL DEPARTAMENTO DE CUDINAMARCA. *Pontificia Universidad JAVERIANA, 13* (2), 128- 137 pp.

Magae, Y. Kakimoto, Y., Kashiwagi, Y. & Sasaki, T. (1995). Fructing body formation from regenerated mycellium of Pleurotus ostreatus protoplasts. *Applied and environmental Microbiology.* 441- 442 pp.

Manzi, P., Gambelli, L., Marconi, S., Vivanti, V., & Pizzoferrato, L. (1999). *Food Chemistry 65,* 478- 482 pp.

Marín- Castro, M. (2001). Cultivo y producción sustentable del hongo *Pleurotus ostreatus*, Recursos Naturales, Medio ambiente y Agricultura, Aragón, G.A. y J.F. López- Olguín, Puebla, México.

Martin, C. & Manzanares, P. (1994). BIOMASA LIGNOCELULOSICA. POLIMEROS CONSTITUTIVOS. PROCESOS BIOLOGICOS DE DEGRADACION DE LA LIGNINA. Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnologías.

Martínez- Carrera, D., Leben, R., Morales, P., Sobal, M., & Larqué- Saavedra, A. (1991). Historia del cultivo comercial de hongos comestibles en México. CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGIA *15* (96), 33. 42.

Martínez- Carrera, D., P. Morales, M. Sobal, M. Bonilla & W. Martínez. (2007). México ante la globalización en el siglo XXI: el sistema de producción consumo de los hongos comestibles. Capítulo 6.1, 20 pp, *In: El Cultivo de Setas Pleurotus* spp. *en México.* J. E. Sánchez, D. Martínez- Carrera, G. Mata & H. Leal (Ed.). ECOSUR- CONACYT, México. 209- 224 pp.

Martínez- Carrera., D. (2002). Current Development of Mushroom Biotechnology in Latin America. *Micologia Aplicada International, 14(2),* 61- 74 pp.

Matheny, P., B., Curtis, M., J., Hofstetter, M., C., Aime, J., M., Montalvo, S., W., Ge, Z., L., Yang, J., C., Slot, J., F., Ammirati, T., J., Baroni, N., L., Bougher, K., W., Hughes, J., D., Lodge, R., W., Kerrigan, M., T., Seidl, D., K., Aanen, M., Denitis, G., M., Daniele, D., E., Desjardin, B., R., Kropp, L., L., Norvell, A., Parker, E., C., Vellinga, R., Vilgalys & D., S., Hibbett. (2006). Major clades of Agaricales: a multilocus phylogenetic overview. *Mycologia*, 982- 995 pp.

Megías, M., Molist, P., & Pombal, A. M. (2018). *Órganos vegetales HOJA.* Atlas de Histología Vegetal y Animal. Recuperado de: http://mmegias.web2.uvigo.es/inicio.html.

Moreno- Caballero, A. & Palacios- Remondo, J. (2001). APORTACION AL CATALOGO MICOLOGICO DE LA RIOJA (ESPAÑA) HYGROPHORACEAE LOTSY. *Zubia*. 19, 9- 11 pp.

Muñoz- Caballero, E. N. (2017). COMPARATIVO DE DOS SUSTRATOS Y CUATRO PAQUETES TECNOLOGICOS UTILIZADOS EN LA PRODUCCION COMERCIAL DE *Pleurotus ostreatus* [Tesis licenciatura]. Universidad Nacional Agraria La Molina.

Nee, M. (1981). Flora de Veracruz *Platanacea.* Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos, 2- 9 pp.

Niembro- Rocas, A., Vázquez- Torres, M. & Sánchez- Sánchez, O. (2010). *Arboles de Veracruz de 100 especies para la reforestación estratégica.* Comisión del Estado de Veracruz para la Conmemoración de la Independencia Nacional y de la Revolución Mexicana, 174 p.

Nieto, J., I., & Chegwin, A., C. (2010). Influencia del sustrato utilizado para el crecimiento de hongos comestibles sobre sus características nutraceúticas. *Revista Colombiana Biotecnol.* 13 *(1)*, 169- 178 pp.

Oei, P. (2003). Mushroom Cultivation- Appropiate tecjnology for mushroom growers. *Backuys Publissers.* Leiden The Netherlands. 429 p.

Ortiz- Moreno, M. (2010). Macromicetos en Zona Rural de Villavicencio. *Revista ORINOQUIA* 14 (*2*), 125- 131 pp.

Ordaz, P. (1996). Evaluacion in vitro de la actividad amebicida de compuestos obtenidos de *Buddleja cordata* sobre varias especies de Acanthamoeba Hartamannella y Vahlkampfla. [Tesis licenciatura]. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México.

Ortiz, Z. (1996). Actividad antibacteriana de la raíz de *Buddleja cordata* [Tesis de licenciatura]. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México.

Ospina- Penagos, C. M., Hernández- Restrepo, J. R., Gomez- Delgado, E. D., Bautista-Godoy, J. A., Aristizábal- Valencia, F. A., Patiño- Castaño, J. N. & Medina- Ortega, J. A. (2015). El Aliso o Cerezo *Alnus acuminata* H.B.K. spp acuminata. FNC CENICAFÉ.

Palacios- Pérez, V. H., Flores- Montes de Oca, G. A., Contreras- Trujano, M. (2020). Guía para el cultivo de hongos comestibles. México, ONU Programa para el medio Ambiente. 14- 39 pp.

Pérez, M. & Mata. (2005). Cultivo y selección de cepas de *Pleurotus ostreatus* y *P. pulmonaris* en viruta de pino: obtención de nuevas cepas y evaluación de su producción. *Revista Mexicana de Micología.* 53- 59 pp.

Pérez- Olvera, C. & Dávalos- Sotelo, R. (2008). Algunas características anatómicas y tecnológicas de la madera de 24 especies de *Quercus* (encinos) de México. *Maderas y Bosques, 14* (3), 43- 80 pp.

Philippoussis, A. Diamantopolou, P. & Zervaski, G. (2003). Correlation of the properties of several lignocellulosic substrates to the crop perfomance of the Shiitake mushroom Lentinula edodes. *World Journal of Microbiology & Biotechnology, 19* (6), 551- 557 pp.

Pontón, J., D., Moragues, Gené, J., Guarro, J., & Quinidós, G. (2002). Hongos y actinomicetos alergénicos. *Revista Iberoamericana de Micología* 1- 44 pp.

Reyes, C., & Escobedo, L. (2017). *MANUAL DE PRODUCCION DE SETAS*. Grupo HOND´DEXI, Texcoco, Estado de México.

Rodríguez- Zaragoza, S., Ordaz, C. Avila, G. & Muñoz, J. L. (1999). In vitro evalution of the amebicidal activity of *Buddleja cordata* on several strains of Acanthamoeba. *Journal Ethnopharmacology, 66.* 327- 334 pp.

Rojas. L, A., Otazo- Sánchez, E., Bolarín- Miro, A., Prieto- García, F. & Román-Gutiérrez, A. (2014). Residuos agrícolas: Caracterización y estrategias sustentables para su aprovechamiento. *Revista Iberoamericana de Ciencias.*

Rojas- Domingo, A. E. (2004). Evaluación de paja de trigo, *Triticum sativum;* Broza de encino, *Quercus* sp. y rastrojo de maíz, *Zea mays*; para el cultuvo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* bajo condiciones artesanales en San Jose Rafael La Independencia, Huehuetenango [Tesis licenciatura]. Universidad de San Carlos de Guatemala.

Rojas- Ramírez, L. (2013). Los basidiomicetos: una herramienta biotecnológica promisoria con impacto en la agricultura. *Instituto de Investigación de Sanidad Vegetal.* 17 (*1)*, 49- 55 pp.

Romero- Arenas, O., Huerta- Lara, M., Damián- Huato, M., Domínguez- Hernández, F., & Arellano- Victoria, D. A. (2009). Características de Trichoderma harzianum, como agente limitante en el cultivo de hongos comestibles. *Revista Colombiana de Biotecnologí, 11 (*2), 143- 151 pp.

Romero- Arenas, O., Valencia- De Ita, A., Rivera- Tapia, J., Tello- Salgado, I., Villareal Espino- Barros, A., & Damián- Huato, M. (2018). CAPACIDAD PRODUCTIVA DE *PLEUROTUS OSTREATUS* UTILIZANDO ALFALFA DESHIDRATADA COMO SUPLEMENTO EN DIFERENTES SUSTRATOS AGRICOLAS. *AGRICULTURA SOCIEDAD Y DESARROLLO*, 15 (2), 145- 160 pp.

Romero- Rangel, S., Rojas- Zenteno, C. E. & Rubio- Licona, L. E. (2014). FLORA DEL BAJIO Y DE REGIONES ADYACENTES. FAGACEAE. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Tlanepantla, Esto de México.

Rueda, D. (2015). *BOTANICA SISTEMICA.* Comisión Editorial de la Universidad de las Fuerzas Armadas- ESPE.

Rzedowski, J. (2013). Álamo blanco [Fotografía]. https://enciclovida.mx/fotoweb/cache/5023/Plantas/3865%20Alnus%20acuminata%20ssp.%20arguta.t517561a4.m2400.wConabioCornerCopy.jpg.xYRmXWR9T2sFELXRQFmjbhR37xQhb4uDJo0HKwmSYGA4.jpg

Saginés, G. L., Nahed, T. L., Juárez, S. M. E. & Pérez, Gil, R. F. (2007). In vivo and situ digestibilities and nitrogen balance of Buddleja skutchii as a sole component and mixed with Pennisetum clandestinum in sheep diets. *Small Rumiant Research, 69,* 129 135 pp.

Sánchez- Vázquez, J. E. (Ed.), Martínez- Carrera, D. (Ed.), Mata, G. (Ed.), & Leal- Lara, H (Ed.). (2007). El cultivo de setas *Pleurotus* spp en México. *El Colegio de la Frontera Sur*.

Sánchez, E., J & Mata, G. (2012). CULTIVO Y APROVECHAMIENTO DE MACROMICETOS. UNA TENDENCIA GLOBAL EN CRECIMIENTO. *Hongos comestibles y medicinales en Iberoamérica: Investigación y desarrollo en un entorno multicultural,* 365- 376 pp.

Sánchez, J. E. & Royse, D. J. (2001). La biología y el cultuvo de *Pleurotus* spp. El Colegio de la Frontera Sur. Limusa, 201- 290 pp.

Sánchez, J. E., & Royse, D, J. (2017). La biología, el cultivo y las propiedades nutricionales y medicinales de las setas *Pleurotus* spp. (1ª ed.) 17- 327 pp.

Sánchez, J., Royse, D. (2002). *La biología y el cultivo de Pleurotus spp*. Editorial Limusa, grupo Noriega editores.

Sánchez, P., Marmolejo, F., & Bravo, N. (2000). *Nutrición y crecimiento*. Microbiología. Aspectos fundamentales. Colombia: Universidad Nacional

Santacruz- García, N. & Espeje- Rodríguez, A. (2004). Los Encinos (*Quercus)* de Tlaxcala, México. Universidad Autónoma de Tlaxcala.

Sánchez- Vásquez, J. E. (1994). Producción de hongos comestibles. Centro de Investigaciones Ecologicas del Sureste, México.

Shu- Ting, C. (2002). Overview of Mushroom Cultivation and Utilization as Functional Foods. *Encyclopedia of Life Sciences.* The Chinese University of Hong Kong, China. 1-29 pp.

Stamets, P. & Chilton, J., S. (1983). *The Mushroom Cultivator A Practical Guide to Growing Mushrooms at Home*. AGARIKON PRESS.
Stamets, P. (2000). *Growing gourmet and medicinal mushrooms*. Berkeley, CA: Ten Speed Press.

Tan, Q., & Cao, H. (2010). Development of the Mushroom Industry in China. WSMBMP. Bulletin 2. Recupero de: http:// wsmbmp.org/Bulletin_2_Content.html#por_que

Tchierpe, H. J. & Harman, K. (1977). A comparation of different growing methods. *Mush jour, 60.* 404- 416 pp.

Varnero, T., M., Quiroz, S., M., & Álvarez, H., C. (2010).Utilización de Residuos Forestales Lignocelulósicos para Producción del Hongo Ostra (*Pleurotus ostreatus*). *Información Tecnológica*. 21 *(2)*, 13- 19pp.

Webster, J., & Weber, S., W., R. (2007). *Introduction to Fungi.* New York, United States of America: Cambridge University Press.

Voguel, F. & Salmones, D. (2000). Análisis comparativo de la productividad de cepas *Pleurotus* spp. Cultivadas en una planta comercial. *Revista Iberoamericana de Micología, 17.* 138- 141 pp.

Won- Silk, K. (2005). DESCRIPCIONES DE ESPECIES DE PLEUROTUS DE IMPORTANCIA COMERCIAL. Cultivo del Hongo Ostra. MushWorld All rights reserved.

Zadrazil, F. (1978).Cultivation of *Pleurotus* en Chang, S. T. (Ed.) & Hayes, W. A. (Ed), *The Biology and Cultivation of Edible Mushrooms.* Academic press, New York, 512- 558 pp.

BUAP

Oficio No. CRN-SAC/TIT 164/2021
**Asunto:** Impresión de Tesis

**C. Lilia Rubí Carrera Rosales**
**Alumna del Complejo Regional Norte**
**Benemérita Universidad Autónoma de Puebla**
**P R E S E N T E**

*Con base en el dictamen emitido por el Dr. Ignacio Vázquez Martínez (**Director de Tesis**), M.C. María del Rosario Hernández Tapia y M.C. Benjamín Barrios Díaz (**Revisores**), en su calidad de Consejo Particular, se autoriza la impresión de la tesis titulada:*

**"EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE *Pleurotus ostreatus* SOBRE DIFERENTES SUSTRATOS DE ORIGEN ARBÓREO"**

*Correspondiente a la Licenciatura en Ingeniería Agroforestal.*

*Sin otro particular por el momento me despido de Usted.*

Atentamente
"Pensar bien, para vivir mejor"
Chignahuapan, Pue. a 09 de junio de 2021

Mtra. Ariadna Leecet González Solís
Secretaria Académica

BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA · 1578 · COMPLEJO REGIONAL NORTE · SECRETARÍA ACADÉMICA

c.c.p. archivo
ALGS/T/mmg